

# La Physique Electrofaible à DØ au Run II

---

Arnaud Lucotte  
*ISN Grenoble*

1. Introduction
  - Le Run II : motivations et caractéristiques
2. L'upgrade de DØ
  - Les nouveaux détecteurs de Traces
  - Les détecteurs à pied de gerbe
  - Performances
3. La Physique électrofaible au run II
  - Physique du quark Top
  - Physique des bosons W/Z
4. Conclusion

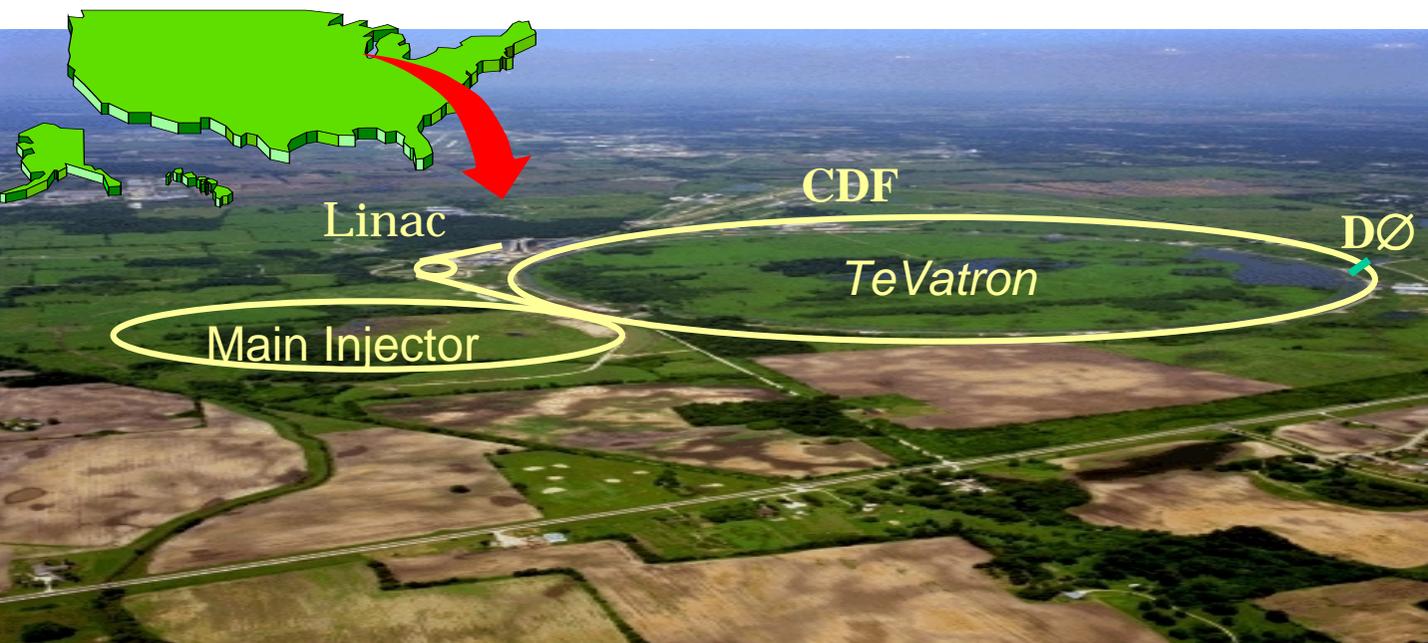
# 1. Introduction



# L'upgrade du TeVatron

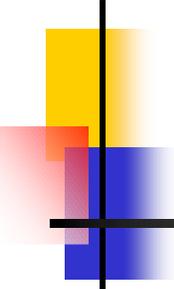
## Upgrade du collisionneur à Fermilab

- Amélioration du Linac
- Installation du Main Injector: synchrotron/accél. de 120-150GeV
- Installation du Recycleur (MI): refroidissement/stockage/recyclage des anti-protons



## Caractéristiques de fonctionnement

	Run Ib	Run IIa	Run IIa	Run IIb
Structure / Paquets	6x6	36x36	140x108	140x108
Lum. ( $\times 10^{32} \text{ cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$ )	0.16	0.86	2.1	5.2
Lum. Intégrée ( $\text{fb}^{-1}$ )			2	10 ?
Energie cdm (GeV)	1,800	2,000	2,000	2,000
Tps entre paquets (ns)	3500	396	132	132
Interactions / croisemt	2.6	2.3	1.9	4.8

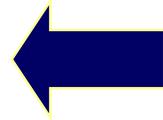


# Motivations physiques du Run II

---

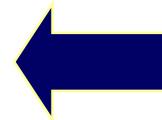
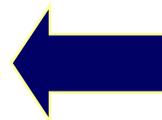
## Test de précision du Modèle Standard:

- Propriétés du quark Top
    - Mesure de masse,  $BR(t \rightarrow Wb)$ ,  $\sigma(t\bar{t})$ ...
  - Propriétés des bosons W/Z:
    - Mesure de  $Z \rightarrow b\bar{b}$ ,  $m_W$ ,  $\Gamma_W \sin^2\theta_W$
- importance pour contraintes sur la masse du Higgs



## Physique du B

- Mesure d'oscillations du  $B_s$ 
  - détermination de  $\Delta m_s / \Delta m_d$
  - seule machine avant le LHC
- Mesure de la violation CP dans  $B_d^0 - \bar{B}_d^0$ 
  - détermination de  $\sin 2\beta$
- Spectroscopie, masses, tps de vie des mésons B
- Désintégration rares du B
- Test de QCD –production de  $b\bar{b}$



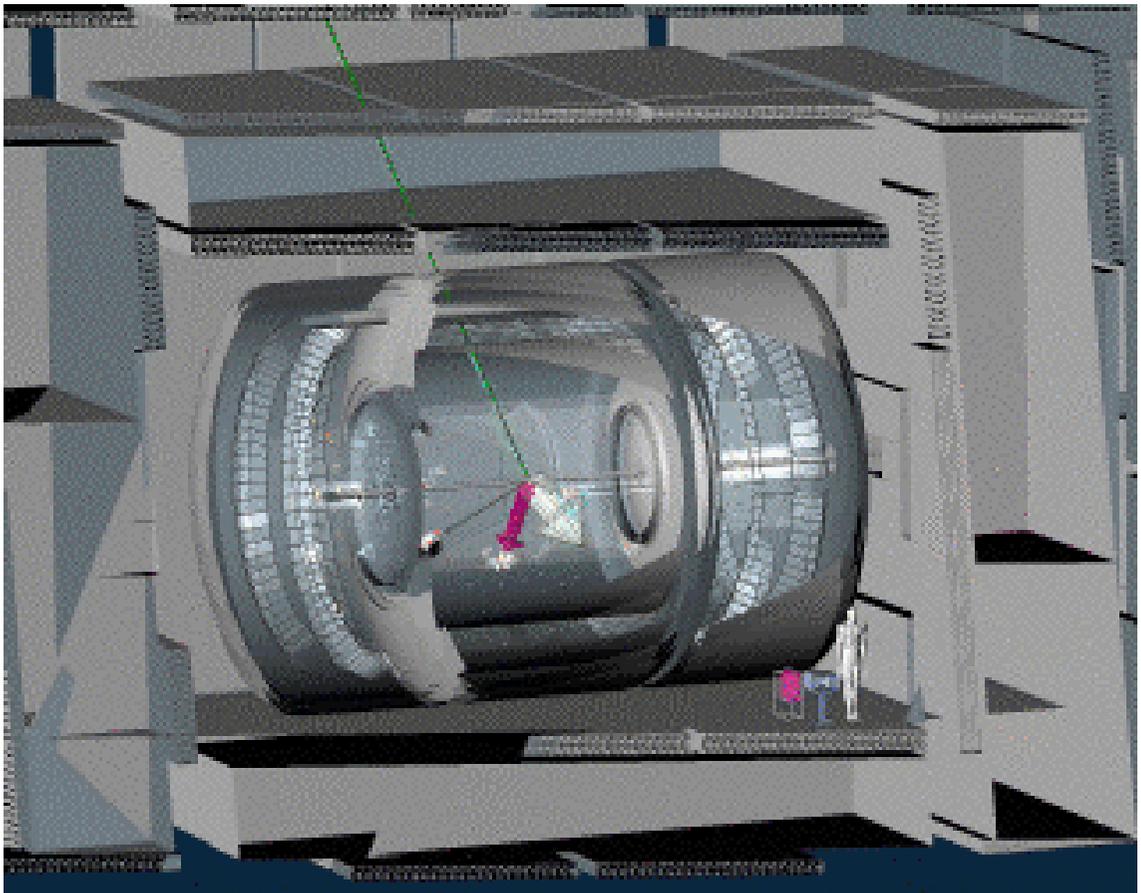
## Recherche directe de Higgs (run II étendu)

- Higgs de basse masse  $H \rightarrow b\bar{b}$  ( $m_H < 130 \text{ GeV}/c^2$ )
- Higgs de haute masse  $H \rightarrow WW^*$  ( $m_H < 180 \text{ GeV}/c^2$ )

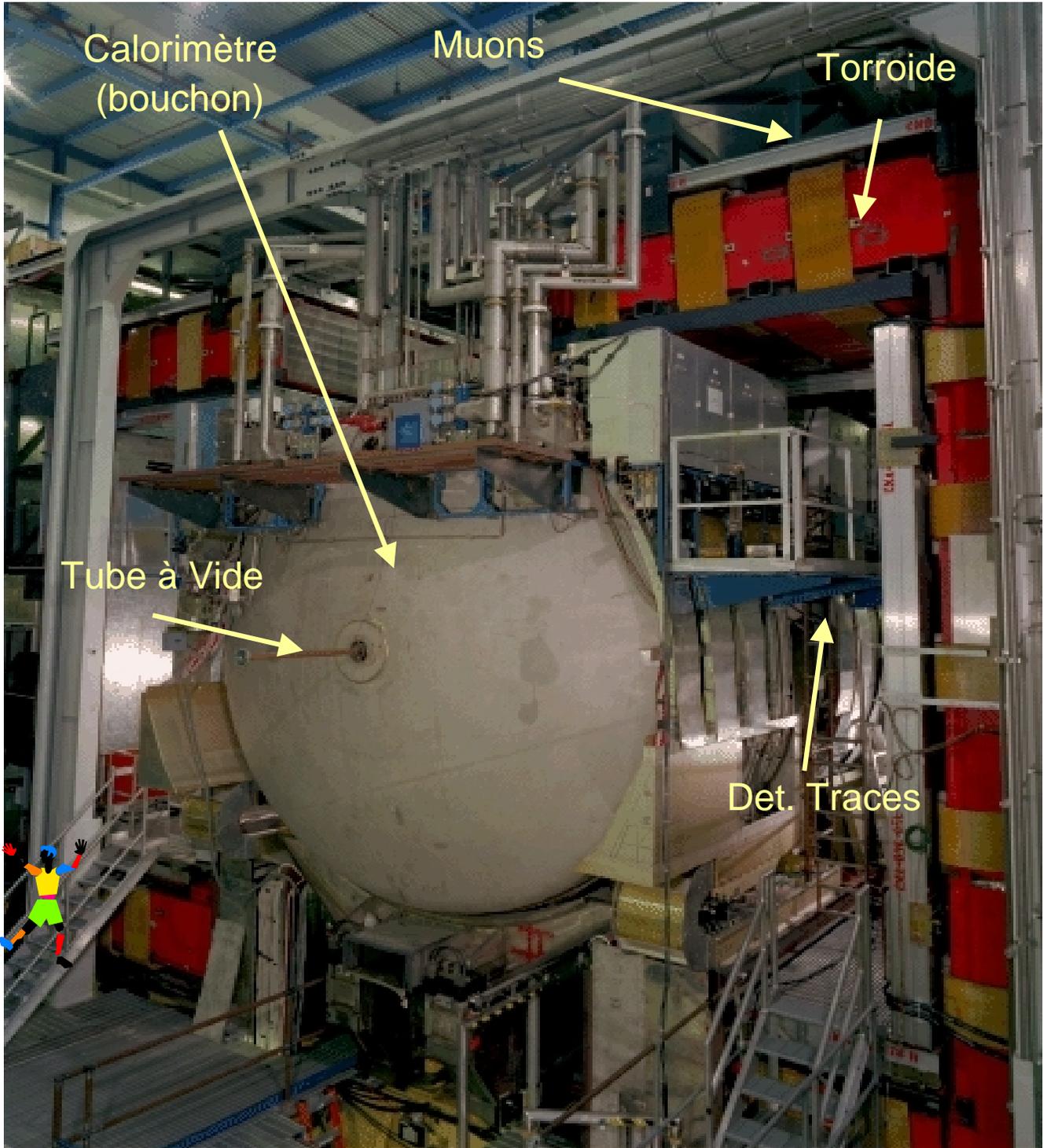
## Recherche de nouvelle physique:

- Production squarks et gluinos:  $\tilde{q}, \tilde{g}$
- Sensibilité à  $\tilde{t}, \tilde{b}$
- Production de paires de gauginos:  $\chi_1^\pm \chi_1^0$  et  $\chi_1^\pm \chi_2^0$

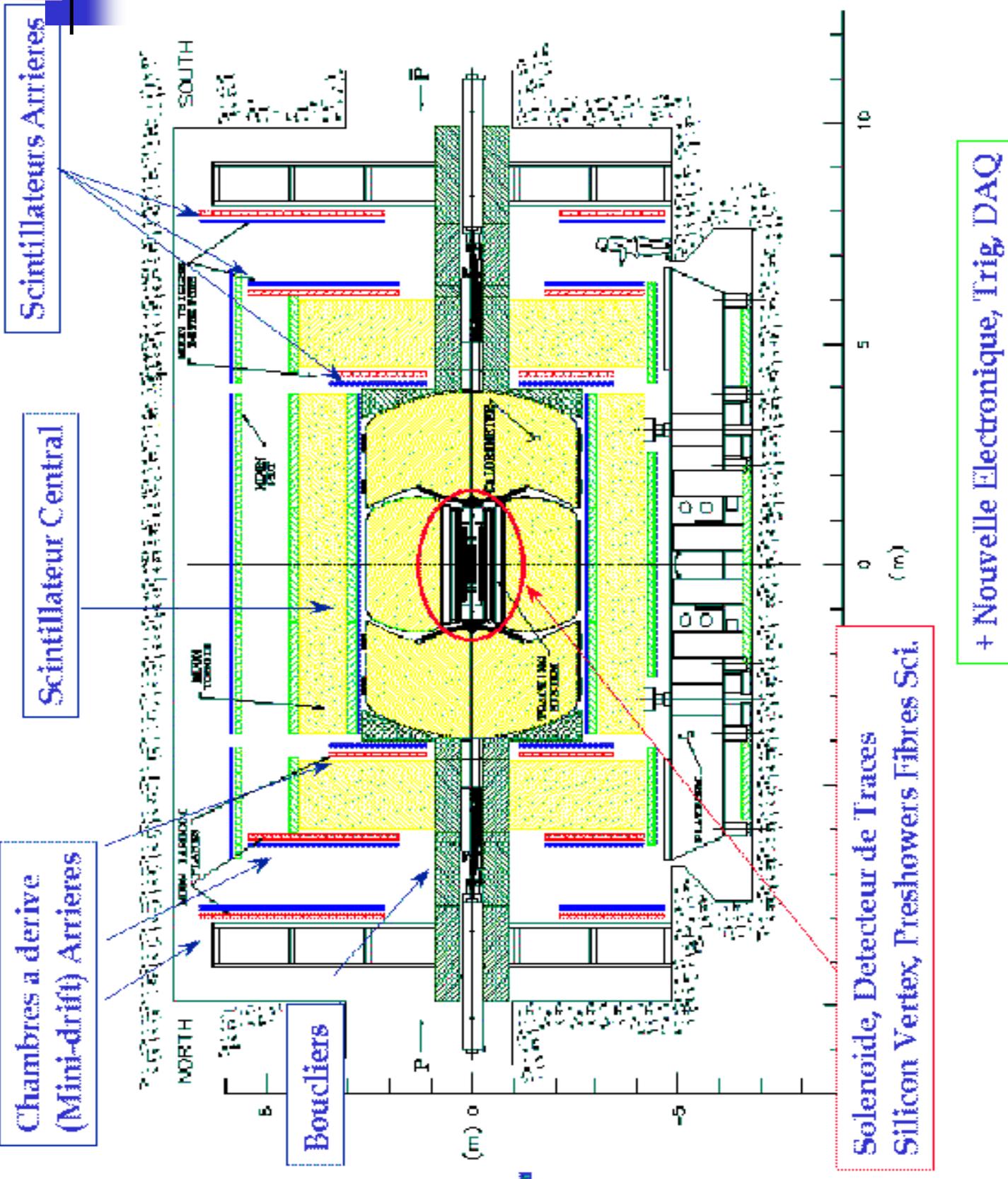
## 2. L'upgrade de DØ



# Le détecteur DØ



# L'upgrade du détecteur DØ



# Les détecteurs Centraux

## Silicon Microstrip Tracker (SMT)

- 6 barrels + 12 disques

## Fiber Tracker (CFT)

- 8 super-couches de fibres scintillantes

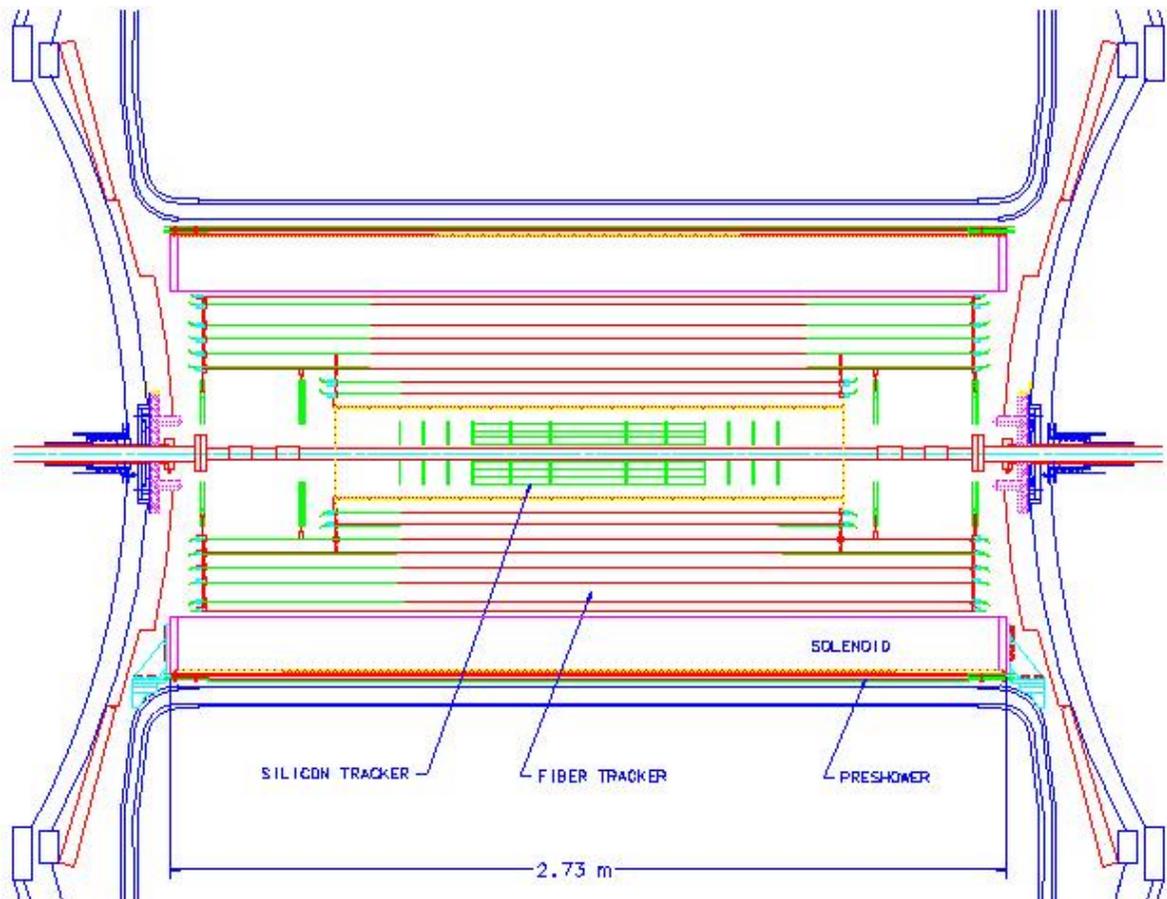
## Solenoid

- champ de 2T (supra-conducteur)

## Central Preshower (CPS)

- 3 couches de strips/pistes + fibres scintillantes

## Forward Preshower (FPS)



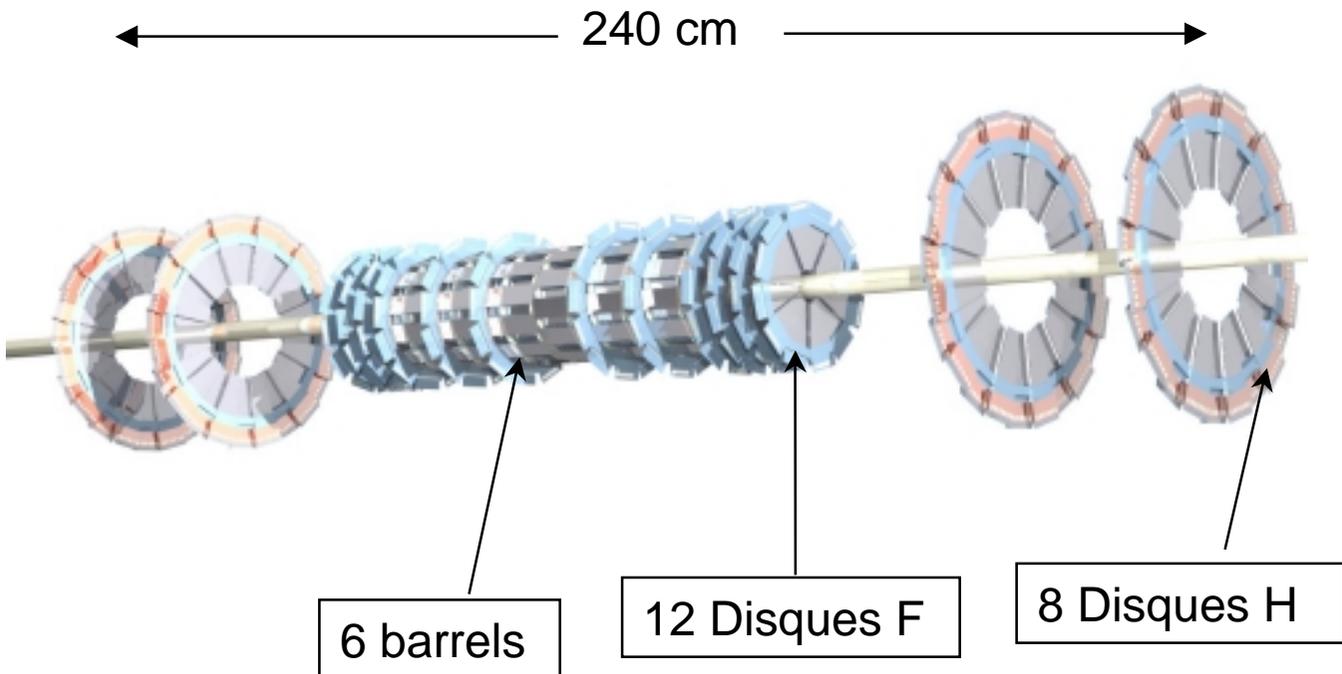
# Détecteur au Silicium

## Motivations:

- mesure des moments des traces proche du tube à vide
- mesure des vertex secondaires pour identification des quarks lourds

## Caractéristiques:

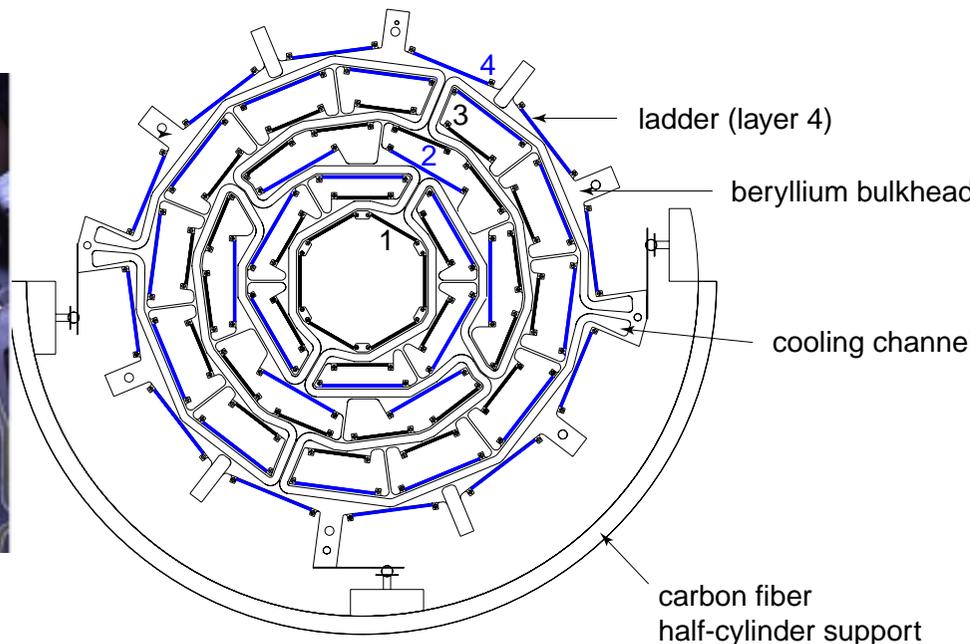
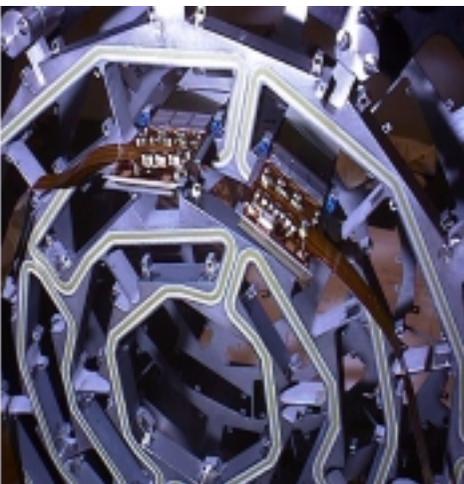
- 790 K canaux
- Couverture :  $|\eta| < 3$
- Supporte radiations  $> 1$  Mrad
- Déclenchement de niveau 2: paramètre d'impact



# Silicon Tracker – détecteurs

## Structure: détecteur à micro-pistes Si

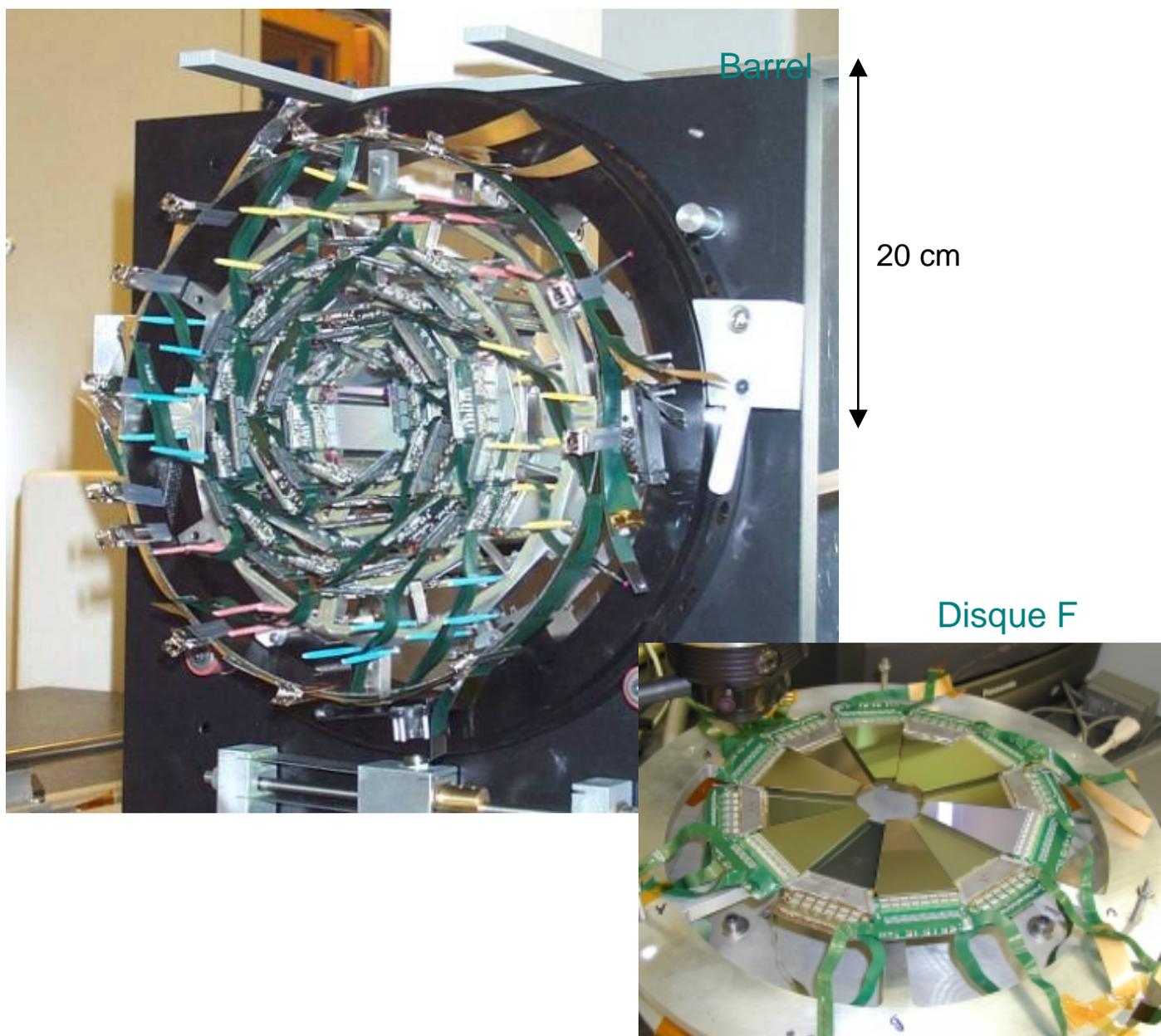
1. Tonneau: 6 modules, 4 couches
  - Double Face: couches 1,3 (90° stereo)  
couches 2,4 (2° stereo)
  - Simple Face: couches 1,3 (modules extérieurs)
2. Disques Centraux: 12 ( $2.5 < r < 10$  cm)
  - 12 wedges double-faces / disque
  - pitch 50 & 62.5  $\mu\text{m}$ ,  $\pm 15.0^\circ$  stereo
3. Disques Arrieres : 4 ( $9.5 < r < 20$  cm,  $z=94, 126$ cm)
  - 384 single-sided detectors for 4 disks,
  - pitch 40  $\mu\text{m}$ ,  $\pm 7.5^\circ$  stereo



# Détecteur de Vertex

## Performances

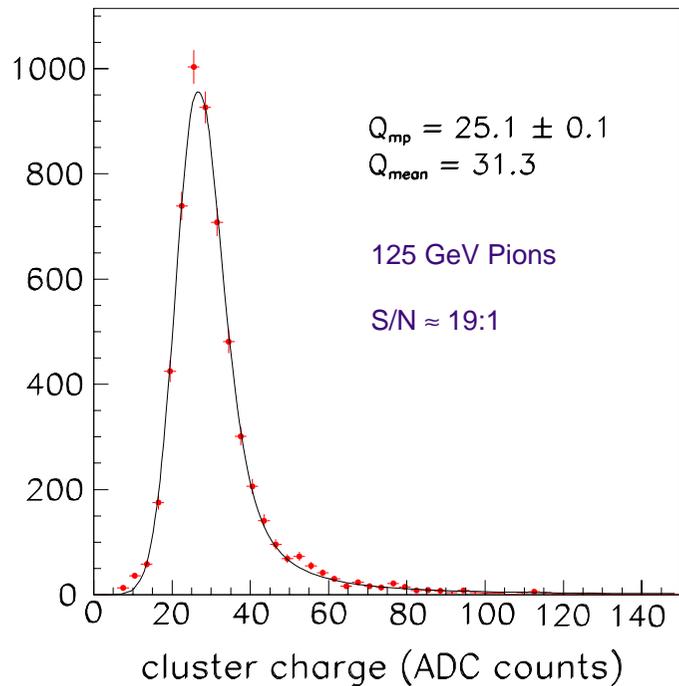
- vertex primaire  $\sim 15\text{-}30\ \mu\text{m}$
- paramètre d'impact  $\sim 50\ \mu\text{m}$



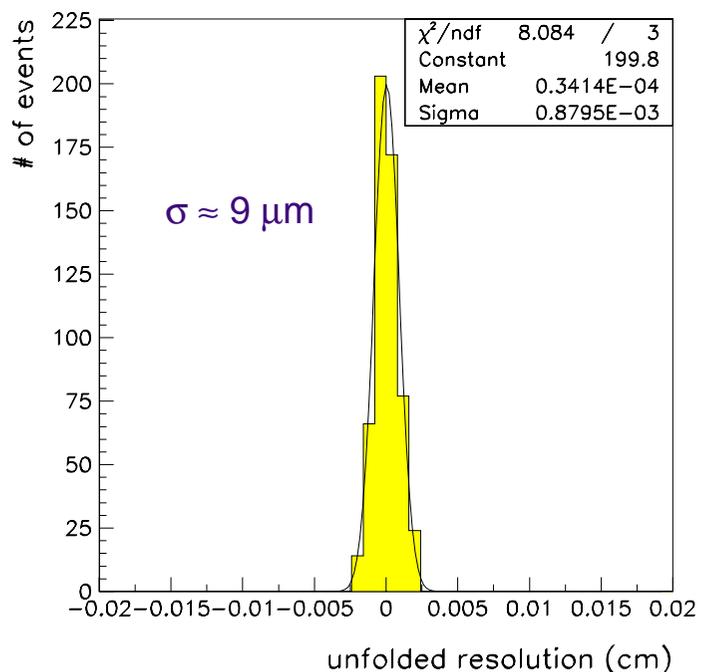
# Faisceau Test du Silicium

Faisceau test du Silicium détecteur (Juin - Septembre 1997)

Charge déposée  
dans les clusters



Résolution en  
Position



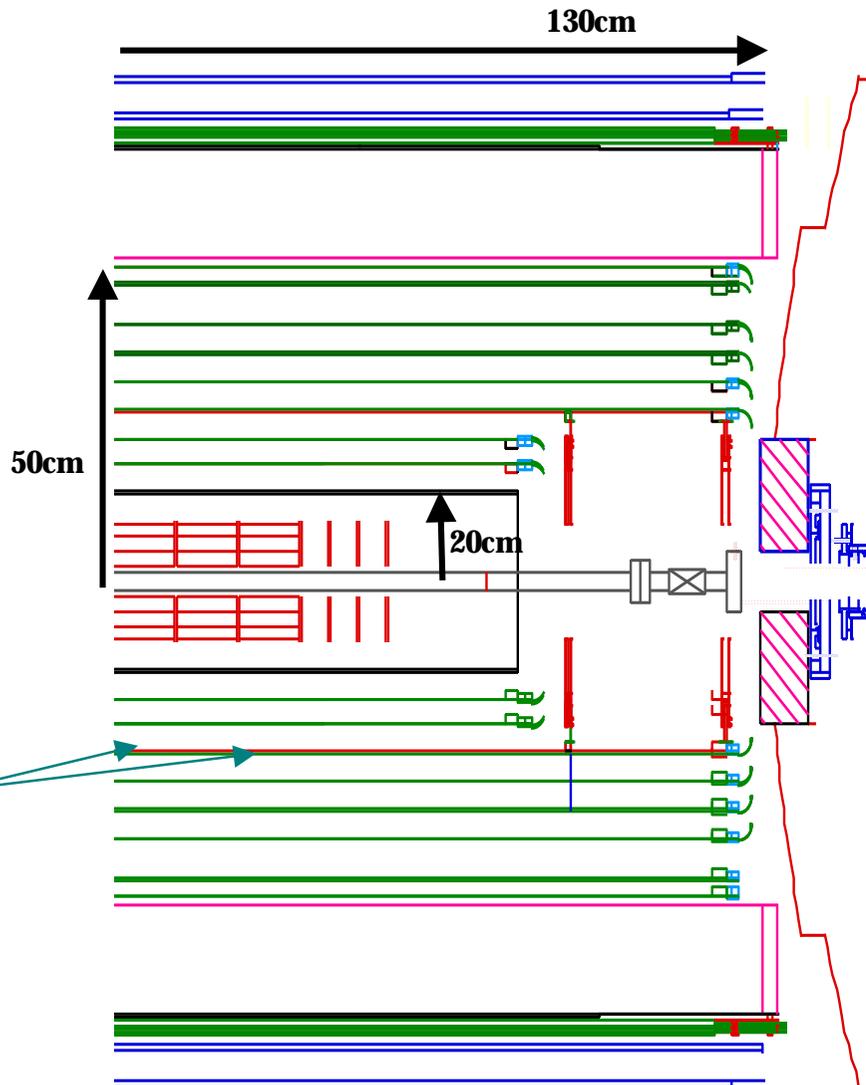
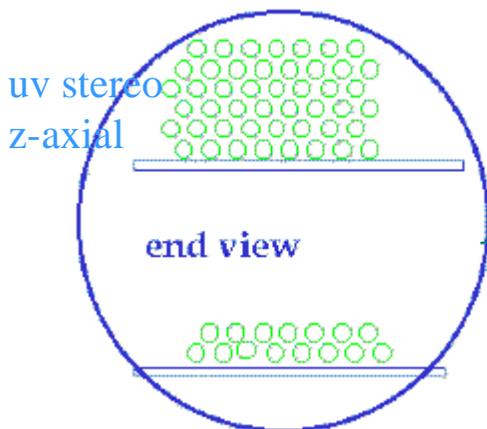
# Détecteur Central à Fibres scintillantes (CFT)

## Caractéristiques:

- Fibres de diamètre de  $830 \mu\text{m}$
- 8 super-couches de rayon  $r = 20$  à  $51 \text{ cm}$
- 2 doublets par couche: Axiales + Stereo (angle  $\sim 3^\circ$ ) u-z, v-z
- Couverture:  $|\eta| < 1.7$
- Nombre de canaux  $\sim 77\text{k}$

## Performances:

- Résolution position  $\sim 100 \mu\text{m}$
- Information utilisée niveau 1/2

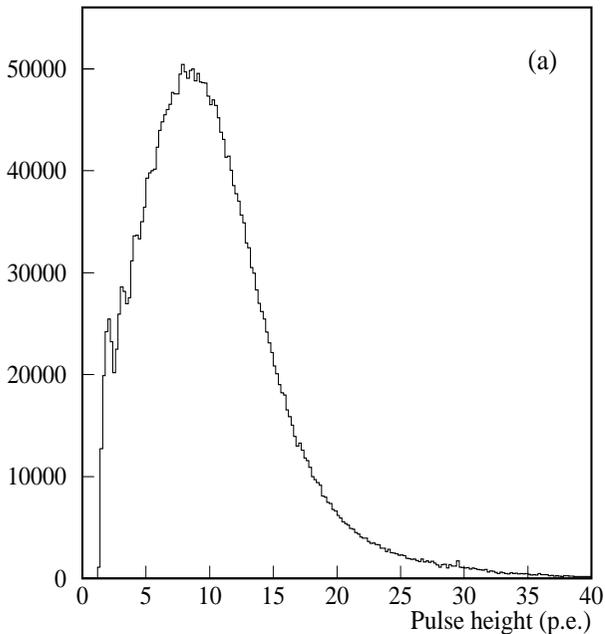


# Performances du CFT

## Test avec des muons (cosmiques)

### a) 8.5 p.e. / fibre

- > 2.5 p.e. nécessaire pour 100% efficacité

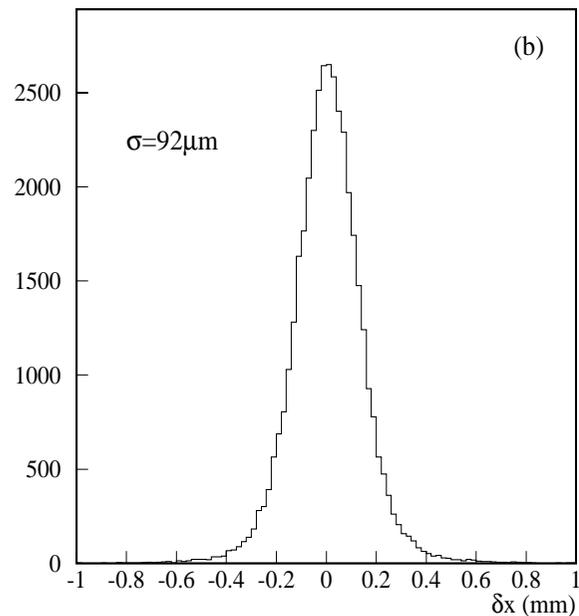


### b) Résolution sur la position (Doublet):

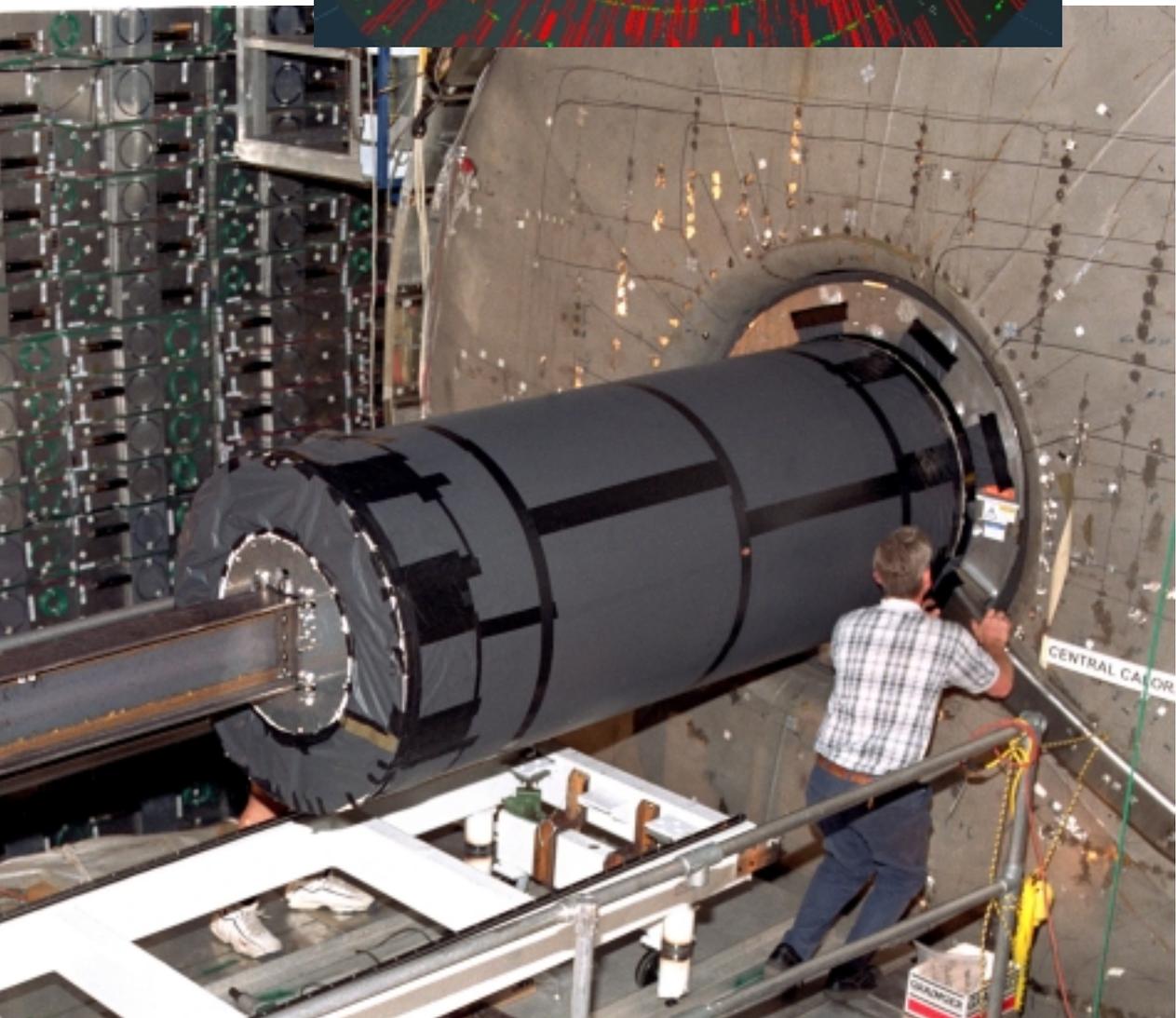
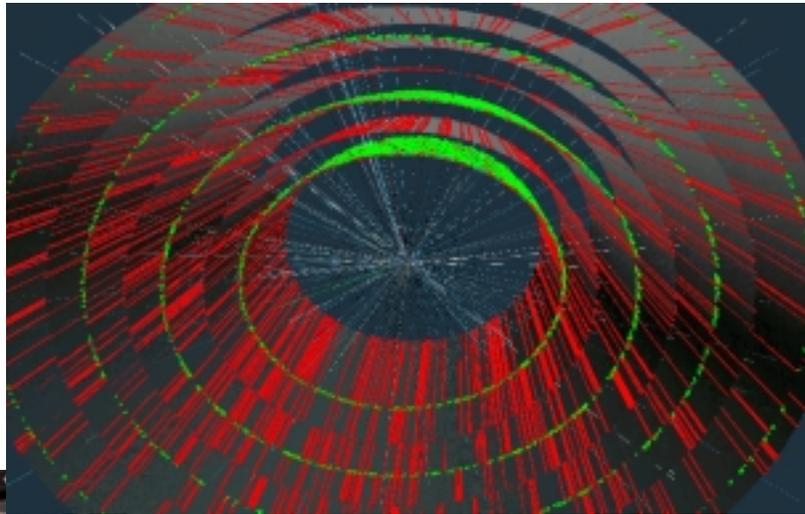
- $\sim 100 \mu\text{m}$

### c) Efficacité reconstruction (Doublet):

- > 99.9%



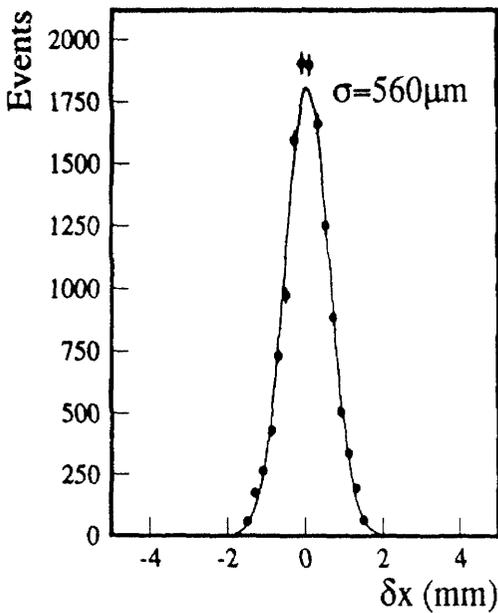
# Tracker à fibres scintillantes



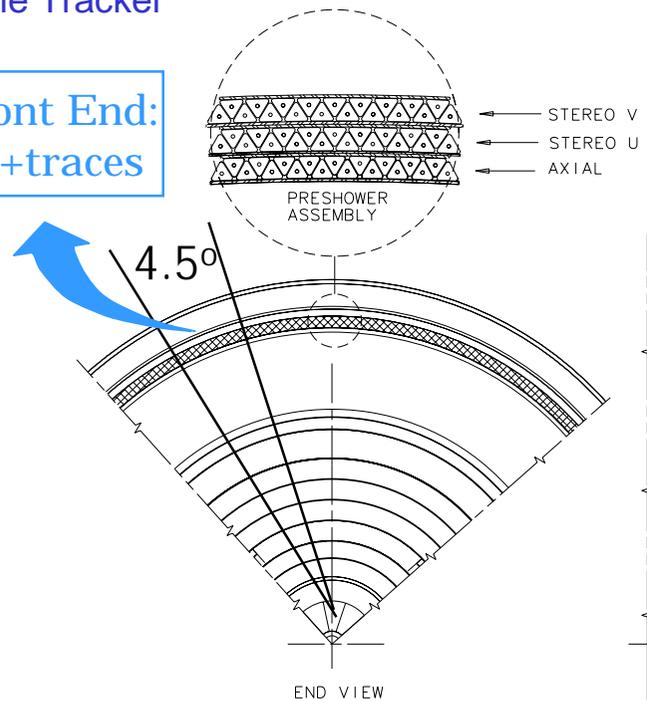
# Preshower Central (CPS)

## Caractéristiques:

- Pré-radiateur  $2X_0$  (solénoïde + Pb)
- 3 couches de pistes triangulaires traversées par fibres scint.:
  - 1 axiale (x) + 2 stereo  $20^\circ$  (u,v) = 1280 x 3 canaux
- Lecture / secteur conjointe avec le Tracker



Front End:  
PS+traces



## Performances:

- Identification des particules:
  - Position : résolution  $< 1.4$  mm (e- de 10 GeV) /  $600 \mu\text{m}$  ( $\mu^-$ )
  - ID : étiquetage électron avec Preshower + trace
- Déclenchement:
  - niveau 1,2: réduction des fonds QCD par facteur 3-5

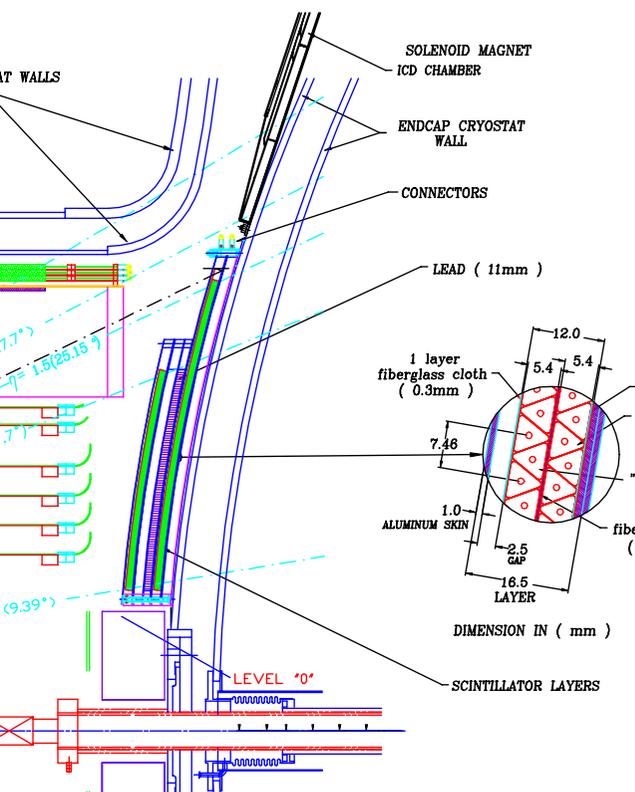
# Preshower Avant-Arrière

## Caractéristiques:

- Placement sur paroi externe du cryostat du Calorimètre bouchon
- Couverture :  $1.5 < |\eta| < 2.5$
- 4 couches de strips triangulaires / fibres scint.:
  - 4 x stéréo  $22.5^\circ$  (u,v) = 14878 canaux
  - 2 couches(u,v) / Radiateur  $2X_0$  (Pb) / 2 couches(u,v)

## Performances:

- Meme résolution que pour le preshower central
- Déclenchement & ID particules:
  - L1 & L2 : réduction des fonds QCD par facteur 3-5



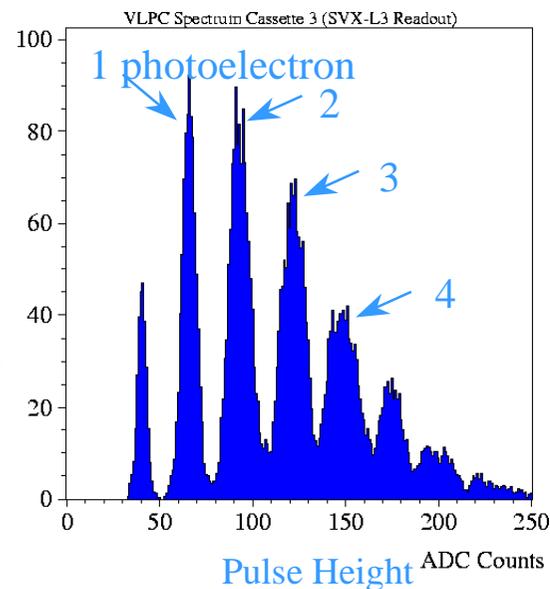
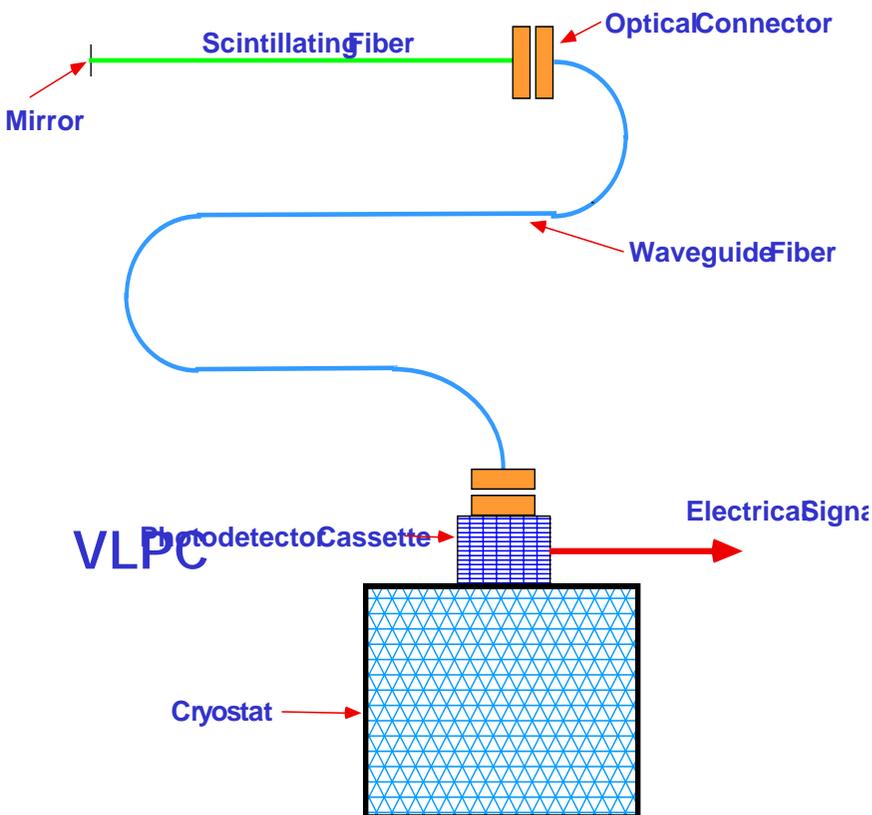
# Lecture des Fibres scintillantes

## Système de lecture des fibres

- Commun au tracker + preshowers
- Signal (photon visible) guidé par fibres WLS

## Amplification du signal

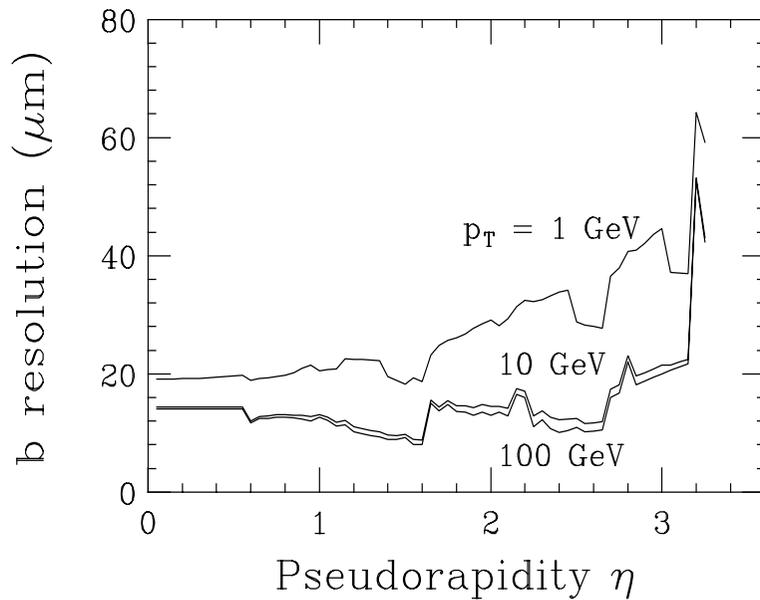
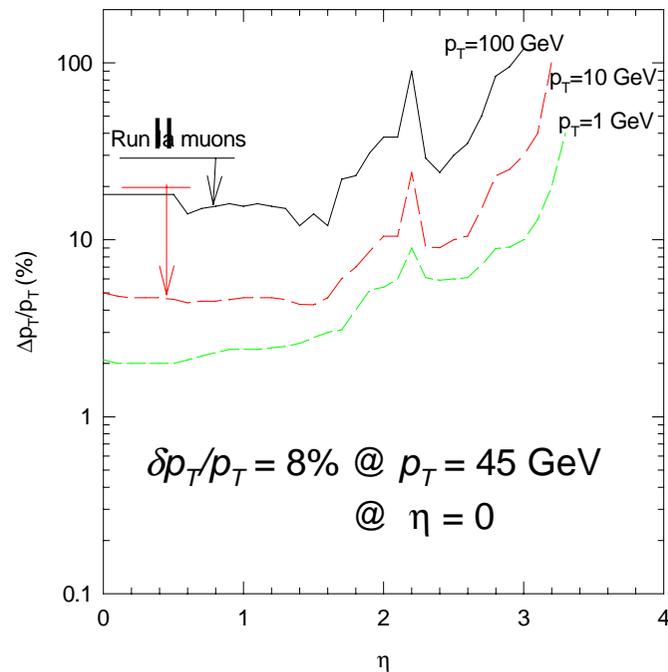
- Cartes Analogiques "Front End"
- Photo-conversion de photons visibles (VLPC)
  - Température:  $T=6-13$  K
  - Amplification: 40K-60K, efficacité quantique  $\sim 80\%$
  - Conversion : 15 p.e. / mip (1 mip  $\sim 0.8$  MeV)
  - Bruit faible: seuil 1.3 p.e. (0.5% occupation)



# Performance des détecteurs de traces

Résolutions sur  $p_T$  et sur paramètre d'impact (SMT + CFT):

- Haute efficacité de reconstruction (95%)
- Résolutions vs rapidité  $\eta$ 
  - moment:  $dp_T/p_T^2 = 0.002$  (Silicon+CFT)
  - paramètre d'impact  $b$ :  $<80 \mu\text{m}$



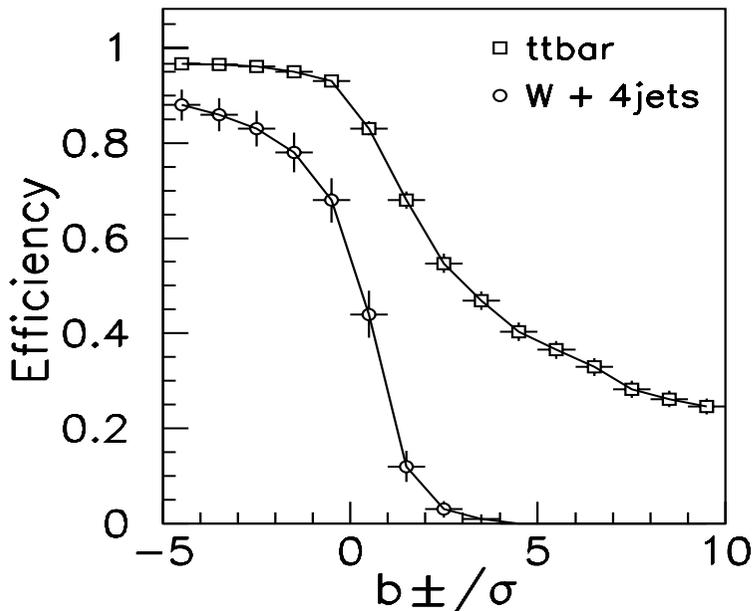
- Reconstruction des Vertex:

- Vertex primaire  $\sim 15\text{-}30 \mu\text{m}$  ( $r\text{-}\Phi$ ) pour  $tt / bb$
- Vertex secondaire:  $\sim 40 \mu\text{m}$  ( $r\text{-}\Phi$ ),  $100 \mu\text{m}$  ( $r\text{-}z$ )

# Performance des détecteurs de traces

## Efficacité d'étiquetage du b / événement

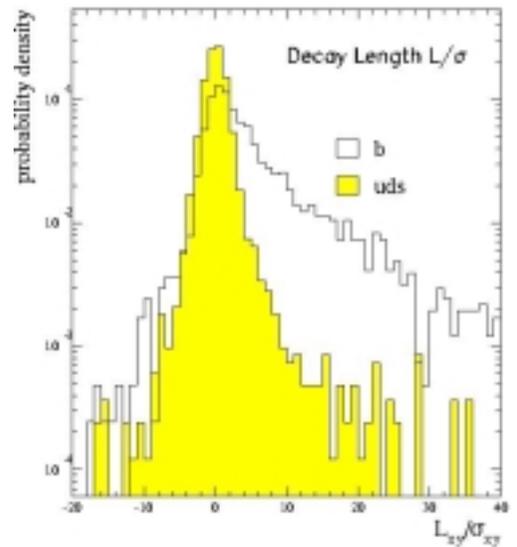
- utilisation de nb de traces de haut paramètres d'impact  $b_{\pm}/s$



$b_{\pm}/\sigma > 3$ :

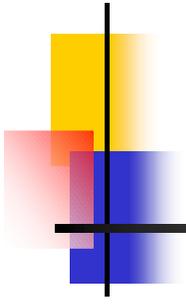
> 50% de  $tt\bar{b}$  events

< 2% de  $W + \text{jets}$



## Identification des électron/photons

- Réjection E/p (calibration du CAL EM), signe (charges)
- Déclenchement electron dès niveau 1



# Le Système Muon Central

---

## 1) Chambres Proportionnelles à dérives (PDT)

- Utilisation des PDT's existantes pour  $|\eta| < 1$
- Utilisation de gaz (Ar+CH<sub>4</sub>+CF<sub>4</sub>) plus rapide (tps dérive ~450ns)
- Remplacement électronique "Front End" (pas de temps mort)

## 2) Scintillateurs

- Extension couverture (sous le calorimetre)
- Réjection des fonds cosmiques (timing)
- Résolution en temps 2.5ns
  - déclenchement L1 / ID en dehors du torroide
  - étiquetage en temps pour muons dans PDT's

## 3) Scintillateurs - région centrale

- 630 compteurs (70 en  $\phi$  X 9 en z)
- Fournit:
  - déclenchement L1
  - muon ID avant le torroid (muons de faible  $p_T$ )
  - Etiquetage en temps des muons

# Le Système Muon Avant/Arrière

## Détecteur Arrière ( $1 < |\eta| < 2$ ):

- Remplacement des chambres proportionnelles (PDT's)
  - 3 couches de MDT's de fine granularité:  $1 \times 1 \text{ cm}^2$
- Utilisation de Gaz ( $\text{CF}_4 + \text{CH}_4$ )
  - temps de dérive a 40-60 ns

## Scintillateurs Arrières ( $1 < |\eta| < 2$ ):

- 3 couches de Scintillateurs pixel ( $\Delta\eta \times \Delta\phi = 0.1 \times 4.5^\circ$ ) / octant
  - Etiquetage en temps des muons , combinaison vs traces du CFT
  - Déclenchement niveau 1



“Mini-Drift Tube” (MDT)



Scintillateurs “pixel”

# Protection des chambres à Muons

## Boucliers autours du tube à vide

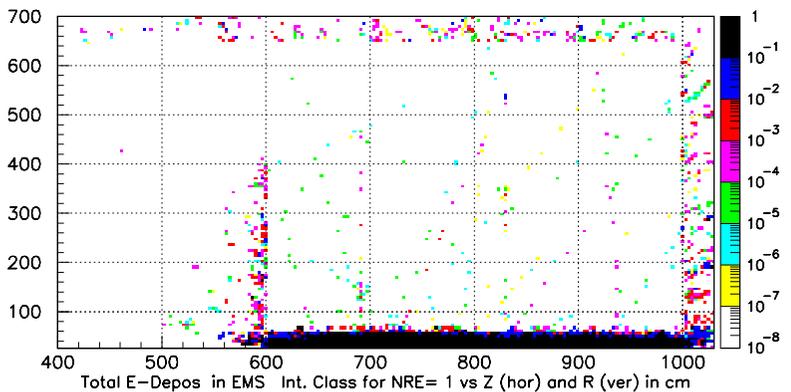
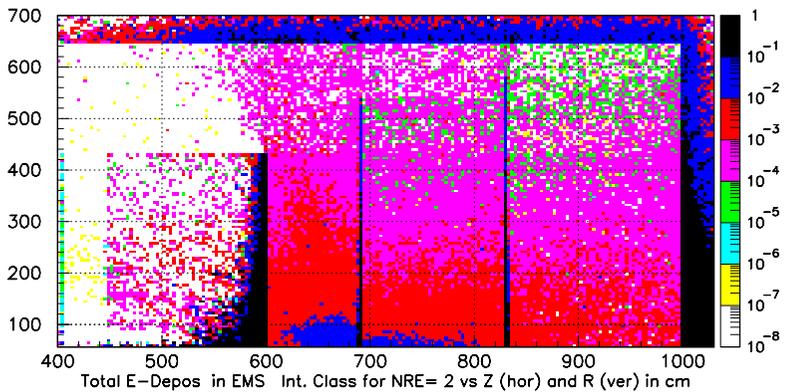
- Composé de Fer (39cm), polyethylene (15cm), Plomb (15 cm)
- Rejette fonds
  - p et pbar interagissant avec calo+ tube à vide+quadrupôles

énergie EM  
déposée  
(GeV/cm<sup>3</sup>/sec):

Sans  
Shielding

Avec  
Shielding

$r$  (cm)



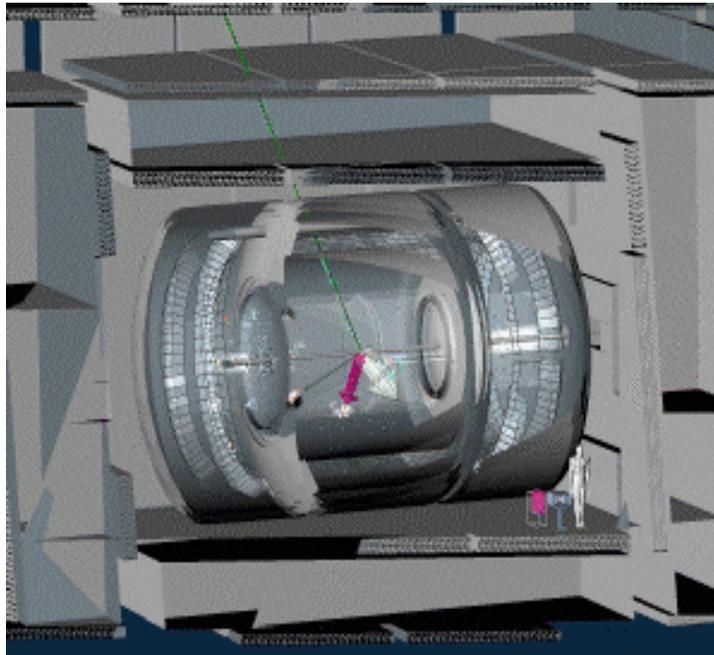
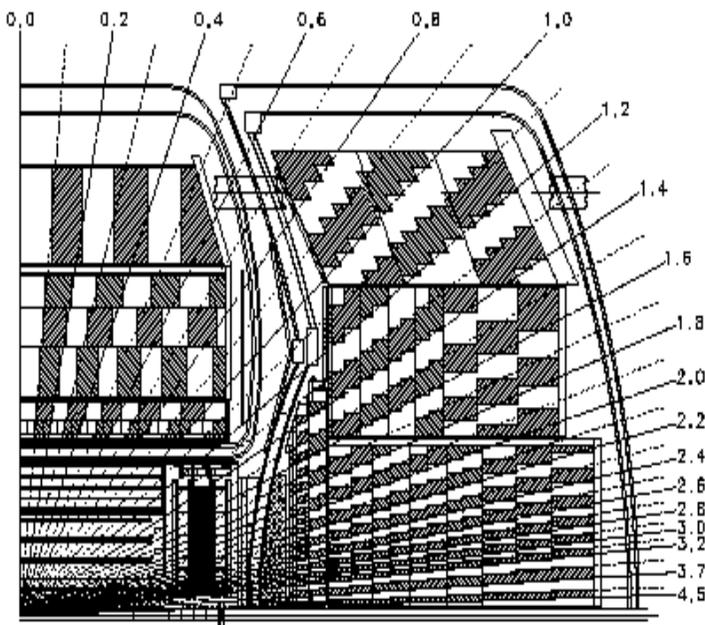
In units of 10<sup>8</sup> GeV/cm<sup>3</sup> per sec, where the color indicates the power n

$z$  (cm)

# Le Calorimètre de DO

## Calorimètre

- Absorbeur : Uranium / Echantillonneur: Argon Liquide
  - Cryostat Central :  $|\eta| < 1.0$
  - Cryostat Avant/Arrière:  $1.2 < |\eta| < 4.0$
- Fine segmentation:
  - 5000 Tours:  $\Delta\phi \times \Delta\eta = 0.1 \times 0.1$
  - Fine granularité (0.05 x 0.05) à l'extension maximale de gerbe EM
  - Tours de déclenchement:  $\Delta\phi \times \Delta\eta = 0.2 \times 0.2$

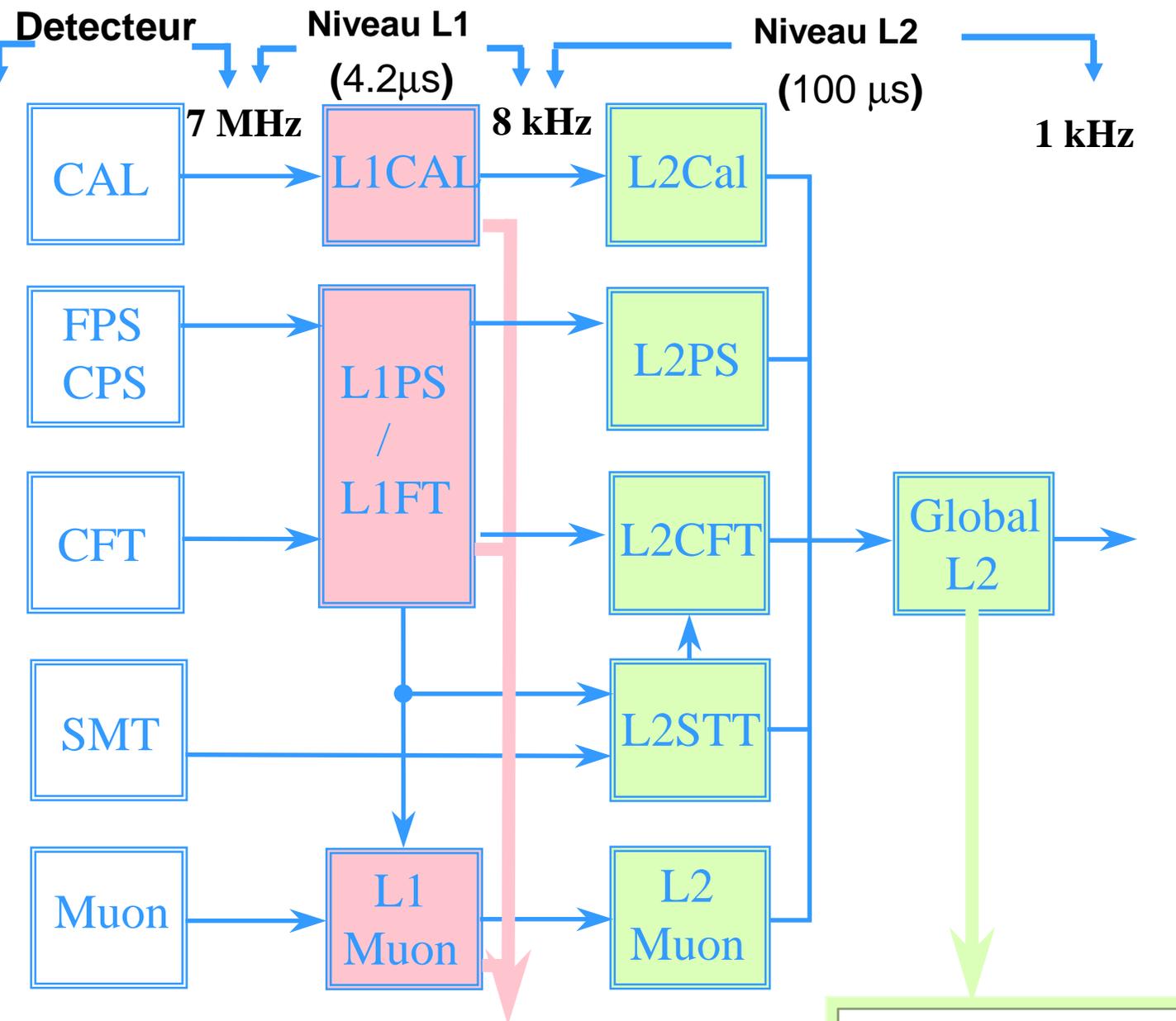


- Performances:
  - $\sigma(\text{EM}) \sim 16\% / \sqrt{E}$  et  $\sigma(\text{HAD}) \sim 50\% / \sqrt{E}$
  - Résolution position  $\sim 0.8\text{-}1.2$  mm pour e- de 100 GeV

## Electronique du Run II

- adaptation aux 396/132 ns entre paquets
  - pipeline

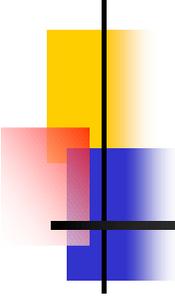
# Architecture & Contraintes



**L1FW:** tours CAL, traces, Muon

- 128 combinaisons (ORs) possibles
- Calorimetre vs Preshower + traces
- Calorimetre vs Traces

**L2FW:** Combine objets (e, μ, j)



# Résumé: l'upgrade de DØ

---

## Détecteurs de Traces

- Silicon:
  - paramètre d'impact, vertex
- Tracker à fibres scintillantes
  - Moments, permet le E/p avec le calorimètre

## Détecteurs de pied de gerbe:

- Capacité d'identification d'électron/photon accrue
  - région centrale et bouchon
- Limite la dégradation de résolution de  $E_{\text{mesurée}}^{\text{calo}}$
- Déclenchement au niveau 1/2:
  - réjection x3-5 p/r calorimètre seul

## Calorimètre

- performances comparable à  $5 \times 10^{32}$  avec  $2 \times 10^{31}$  (en fait 15% moins bon)

## Chambres à muons

- Seuils  $p_T$  plus petits (pas de "pre-scale"):
  - single muon  $p_T > 7 \text{ GeV}/c$ ,
  - di-muon  $p_T > 2 \text{ GeV}/c$
- Fonds réduits et amélioration du déclenchement

## Déclenchement

- Largeur Bande passante accrue: 7 MHz en entrée
  - L1  $\rightarrow 8 \text{ kHz}$
  - L2  $\rightarrow 1 \text{ kHz}$
  - L3  $\rightarrow 50 \text{ Hz sur bande}$

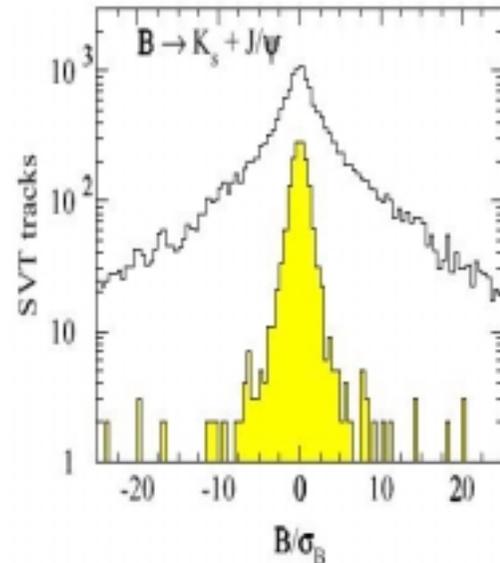
# Déclenchement avec le SMT

## Principes d'un déclenchement avec le SMT

- Projection des traces CFT dans SMT
- Trouver hits / SMT le long de la trajectoire
- Ré-ajuster la trace (SMT+CFT)
- Calculer paramètre d'impact  $B$  + erreur

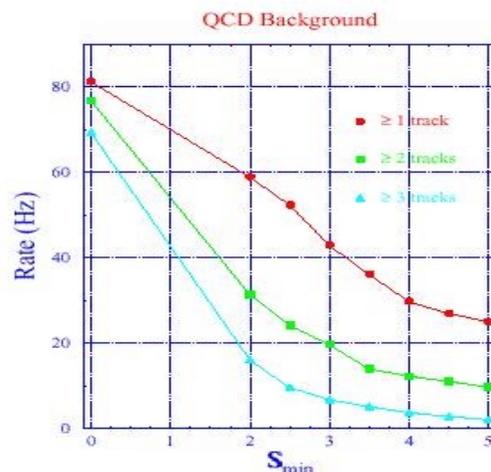
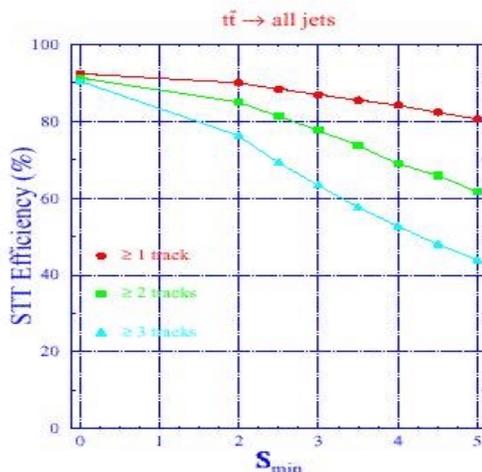
$$S_B = B/\sigma_B$$

$$\sigma_B^2 = (12.6)^2 + (49.7/p_T)^2 \mu\text{m}$$



## Bénéfices d'un déclenchement STT

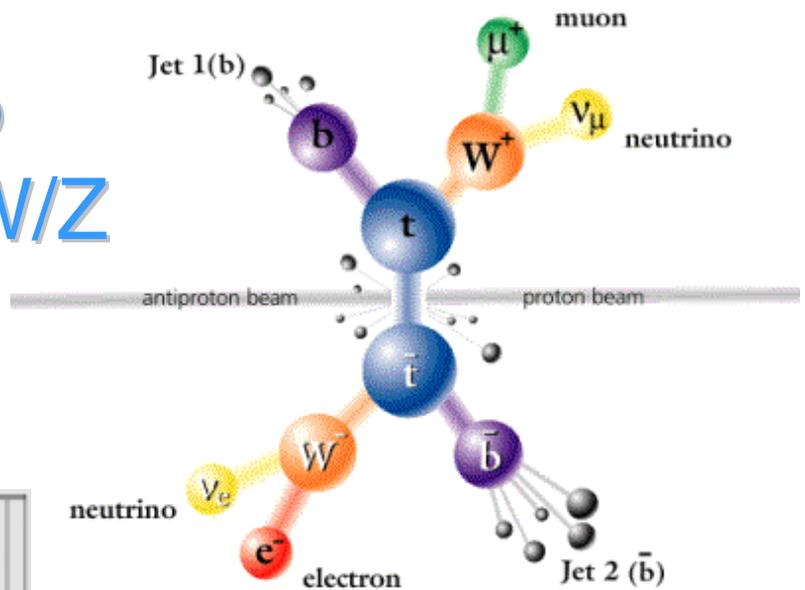
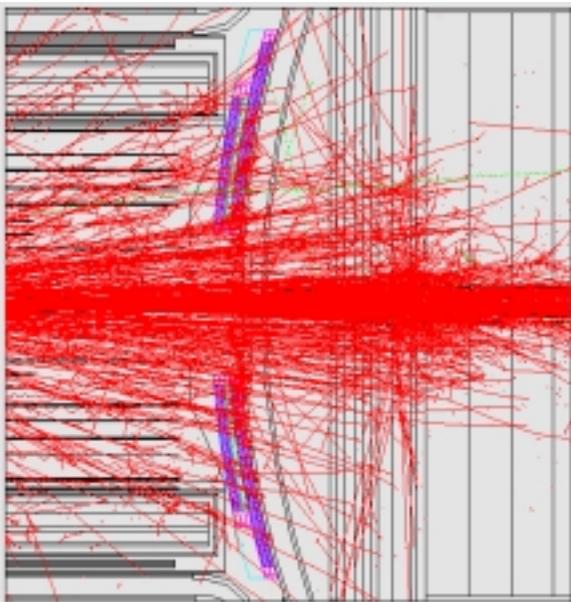
- Amélioration du déclenchement:
  - $Z \rightarrow bb$  avec  $\epsilon \sim 20\%$  vs fonds 20 Hz
  - Collection de 43000  $Z \rightarrow bb$  (900 avec  $\mu$ )
  - $ZH \rightarrow \nu\nu bb$  avec  $\epsilon \sim 80\%$



- Assure un échantillon important:
  - Reconstruction résonances  $bb$
  - Résolution en Masse  $M_{bb}$ , énergie Jet
  - Estimation efficacité b-tag
  - Résolution de Masse

# 3. La physique du run II

Le Quark Top  
Les Bosons W/Z  
Le Méson B



# La physique du Top

## Programme de Physique du Top au TeVatron

- Masse du quark Top
- Section efficace de production, dynamique
- Rapport de Branchement, désintégrations rares
- Vertex  $Wtb$
- Largeur du quark Top
- Recherche de Higgs chargé

## Le TeVatron au Run II

- Energie dans centre de masse:
  - de 1.8 TeV à 2.0 TeV

Production de paires  $t\bar{t}$ bar:

$\sigma(pp \rightarrow t\bar{t}+X) = 8 \text{ pb}$  (accroissement de 40%) 

Production de "single top"

- accroissement de 22% dans  $t\bar{b}$  (s-channel)
- accroissement de 44% dans  $tqb$  ("W-gluon fusion") 

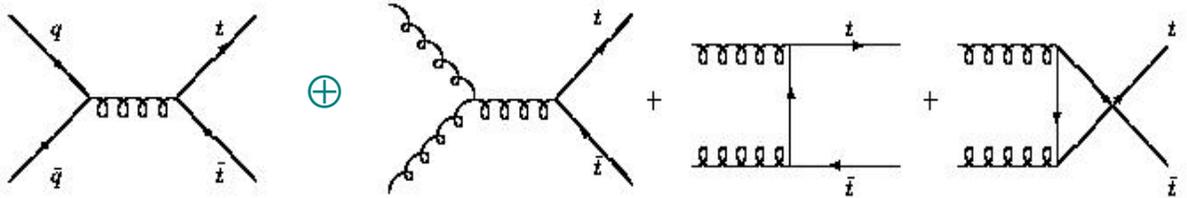
## Statistique attendue au Run II:

Processus	Canal	Run II ( $2 \text{ fb}^{-1}$ )
$t\bar{t} + X$	di-lepton	200
	$l+\geq 4\text{jets}$	1800
	$l+\geq 4\text{jets}/b\text{-tag}$	1400
	$l+\geq 4\text{jets}/b\text{-b tag}$	600
$t + X$		330

# Production du Quark Top

Production de paires de quarks Top au Tevatron

- annihilation de quarks  $\oplus$  fusion de gluons



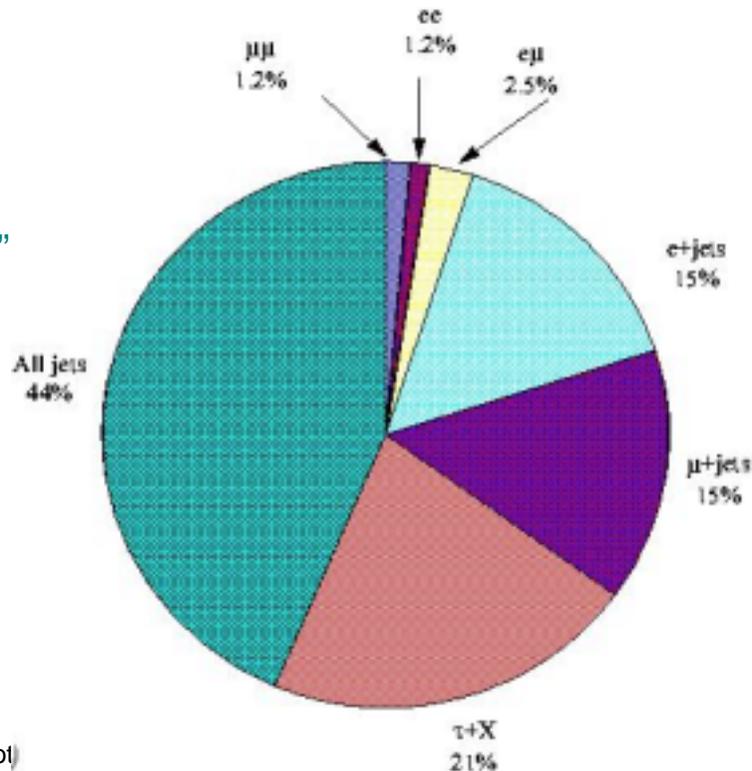
- Section efficace de production:

	$E_{CM}=1.8 \text{ TeV}$	$E_{CM}=2.0 \text{ TeV}$
$\sigma(tt)$	5.5 pb	7.5 pb
Etat initial qq	90%	85%
Etat initial gg	10%	15%

Désintégrations du Quark Top

Classification états finaux:

- bjj+blv "jets + leptons"
- blv+blv "di-leptons"
- bjj+bjj "all-jets"



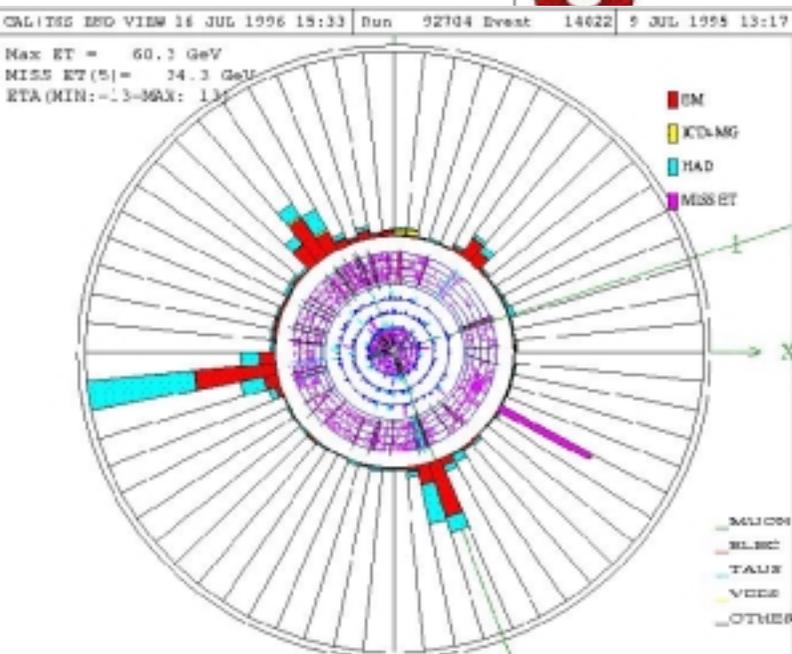
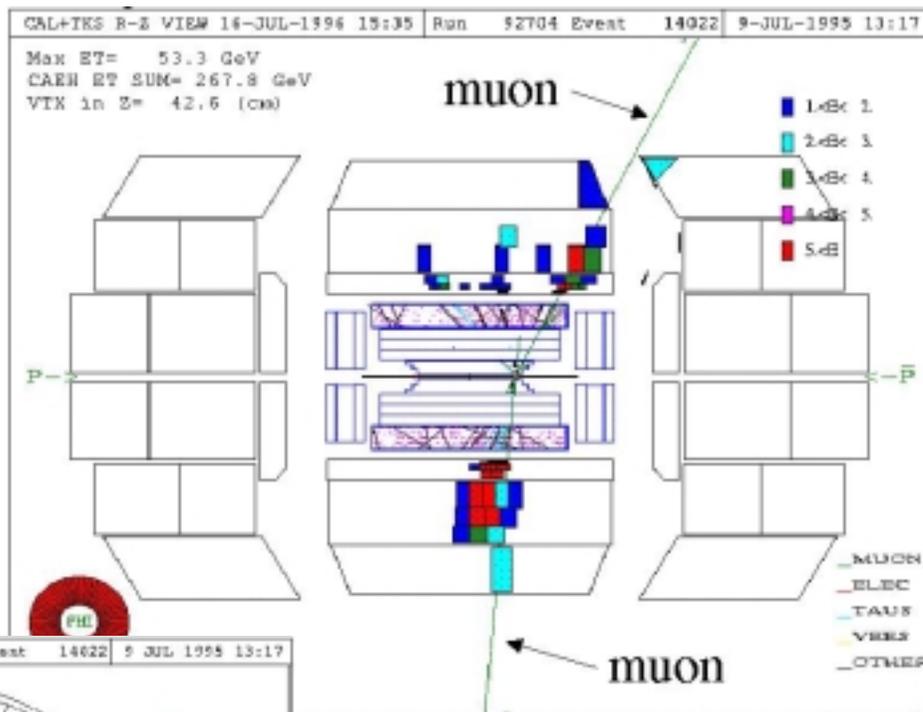
# Evénement $t\bar{t}$

Etiquetage du b par “soft lepton”

Etiquetage- $\mu$  avec  $\epsilon_b^\mu \sim 10\%$  / jet

Etiquetage avec e (algo complexe) : PS+Calorimetre+CFT

$t\bar{t}$ bar (b-lepton)  $\epsilon_b^l \sim 20\%$



# Evénement $t\bar{t}$

## Etiquetage du b par Vertex déplacé

Hadron b vole  $L_{XY} \sim 3$  mm

– Performances de CDF (Run I)

- Résolution sur parametre d'impact  $\sim 40\mu\text{m}$ ,  $L/\sigma \sim 3$
- Efficacité d' étiquetage / jet :  $\sim 44\%$  pour "fake"  $\sim 0.1\%$
- Efficacité d' étiquetage de paires  $t\bar{t}$   $\sim 42\%$

### e + 4 jet event

40758\_44414

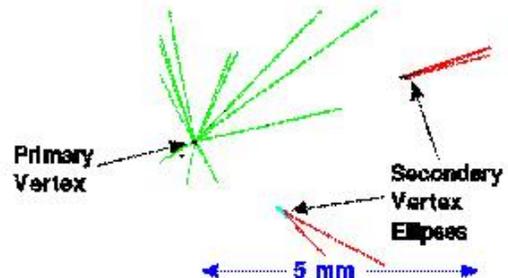
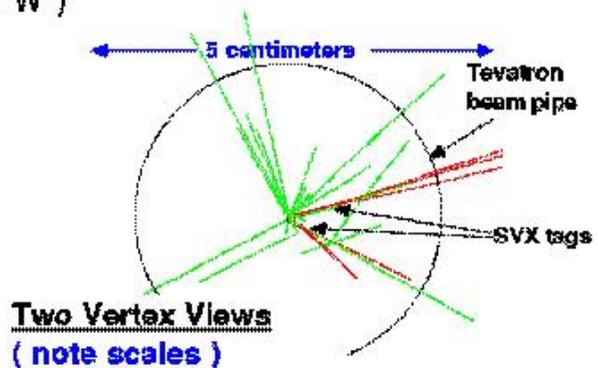
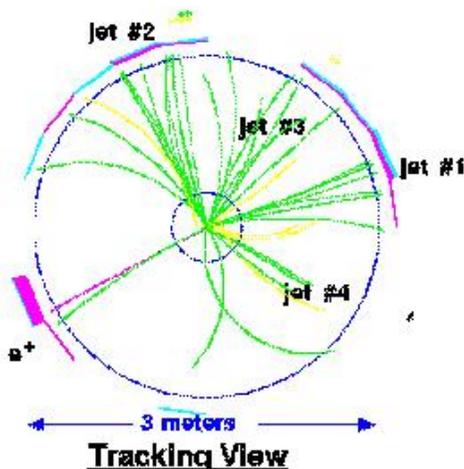
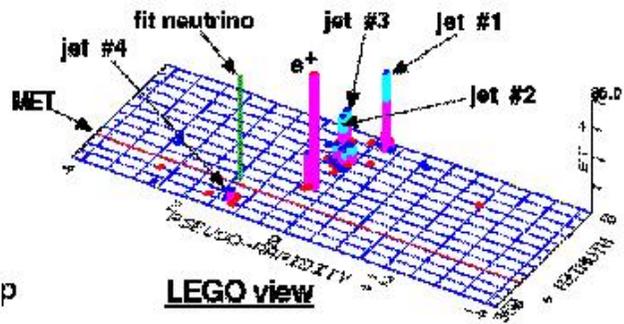
24-September, 1992

TWO jets tagged by SVX

fit top mass is  $170 \pm 10$  GeV

$e^+$ , Missing  $E_t$ , jet #4 from top

jets 1,2,3 from top ( 2&3 from W )



# Masse du Top: "lepton+jets"

## Sélection des événements (type "Run I")

- 1 lepton isolé, E
- $\geq 4$  jets, utilise les "leading jets"
- Etiquetage du b
- Ajustement cinématique (2C):

- 24 variables, 1 libre

- 3 contraintes:

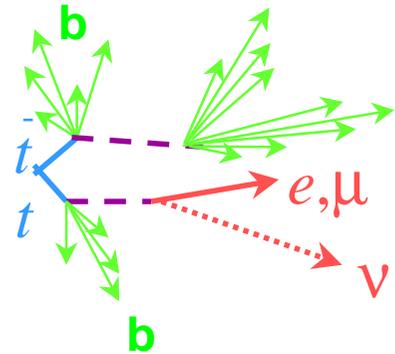
$$M(l\nu) = M_W, M(qq') = M_W$$

$$M(l\nu b) = M(bqq')$$

combinaison de meilleur  $m_{\text{fit}}, \chi^2$

- Fonction de vraisemblance:

- calcule densité probabilité  $D = \Pi S/B$  per évt



"centralité"



$$x_1 = \cancel{E}_T$$

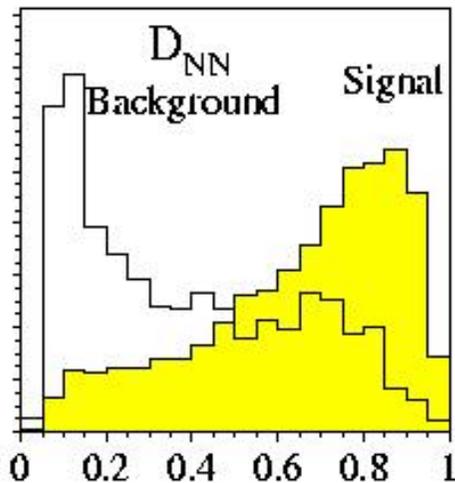
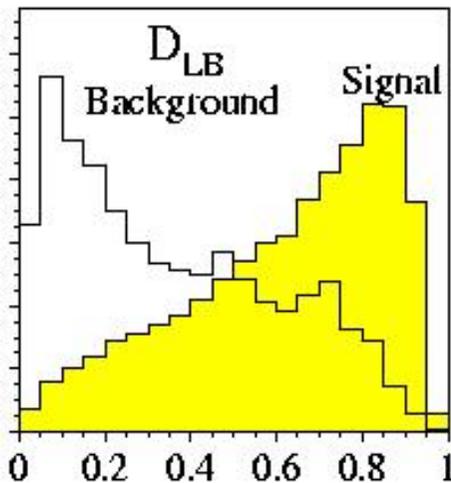
$$x_3 = \frac{H_{T2} \equiv H_T - E_T^{\text{jet } l}}{|p_z(l)| + |p_z(\nu)| + \sum_j |p_z(j)|}$$

"Aplanarité"



$$x_2 = A$$

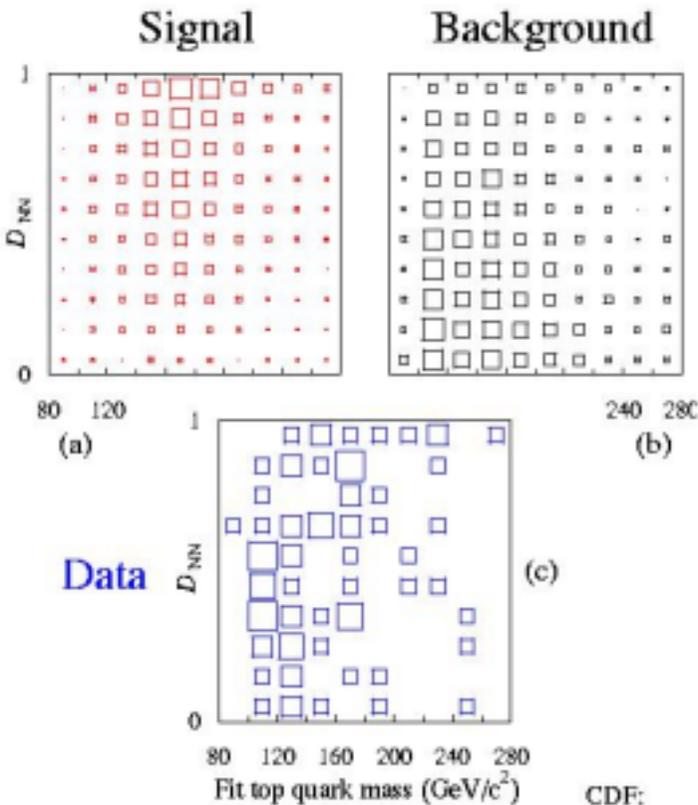
$$x_4 = \frac{\Delta R_{jj}^{\text{min}} E_T^{\text{min}}}{E_T^L} \quad \text{"vs gluon rad"}$$



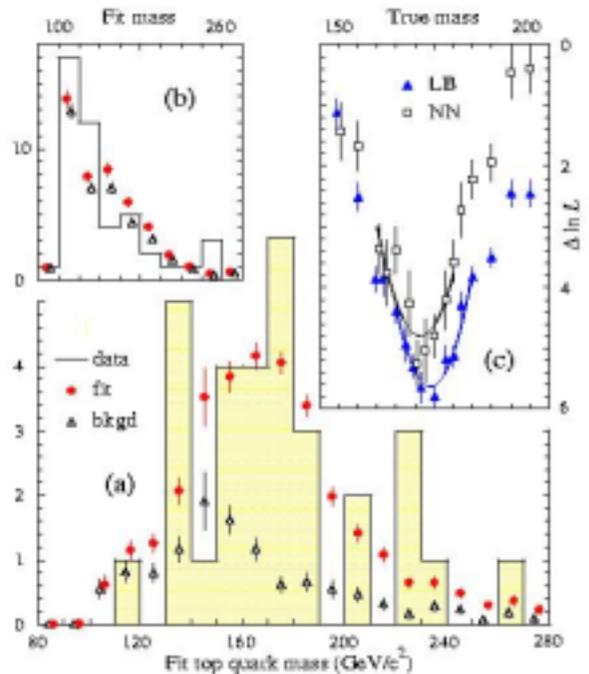
# Masse du Top: "lepton+jets"

Détermination de la Masse: [Abott et al., hep-ex/9801025]

- Ajustement likelihood  $L(m_t) = D / 1+D$  dans le plan  $(m_t, D)$ 
  - 91 événements (7 b-tags)



$m_t = 173 \pm 5.6(\text{stat}) \pm 5.4(\text{syst}) \text{ GeV}/c^2$



Incertitudes principales:

- Echelle d'énergie
- Combinatoire + gluon
  - 12 (pas btag)
  - 6 (1 b-tag)

Systématiques	Erreur
échelle d'énergie Jet	4.0 GeV
Fond W+jets	2.5 GeV
tt QCD radiation	1.9 GeV
Bruit & int. multiple	1.3 GeV
MC statistique	0.9 GeV
Fit Likelihood	1.0 GeV
<b>TOTAL</b>	<b>5.4 GeV</b>

# Masse du Top: “di-leptons”

## Sélection des événements

- 2 leptons isolés + Energie manquante

- Ajustement Cinématique:

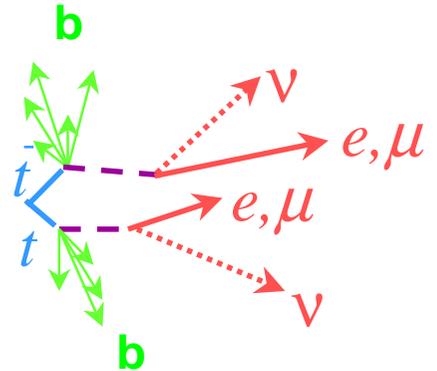
- 24 variables, 4 libres (2v)

- 3 contraintes : (-1C)

$$M(l\nu) = M_W, M(l'\nu') = M_W$$

$$M(bl\nu) = M(bl'\nu')$$

résolution en supposant connue  $m_t$



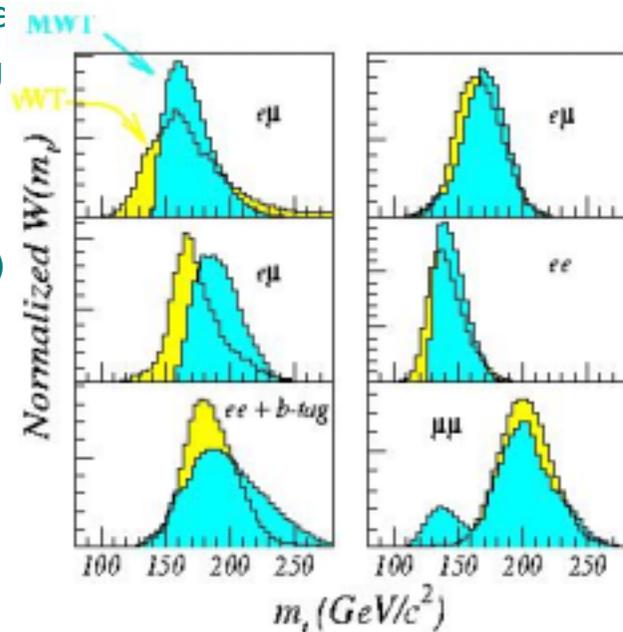
- Fonction de Vraisemblance:  $P(m_t | \{\mathbf{o}_i\}) \propto P(\{\mathbf{o}_i\} | m_t)$

- fonction de la cinématique & espace des phases de  $tt$
- fonction des variables cinématiques  $\{\mathbf{o}_i\}$  (MC)
- fonction des fonction de résolution du détecteurs
- fonction de l'assignation des je consommateur de temps CPU

- Modélisation simplifiée:

- Variables des neutrinos (vWT)  
poids  $W$  fonction de  $m_t$
- Pondération Element de Matrice (MWT)

Data vs MC(signal+fonds)

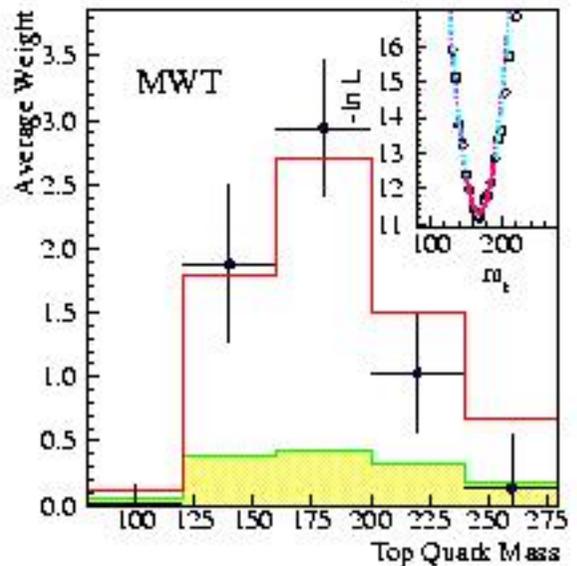
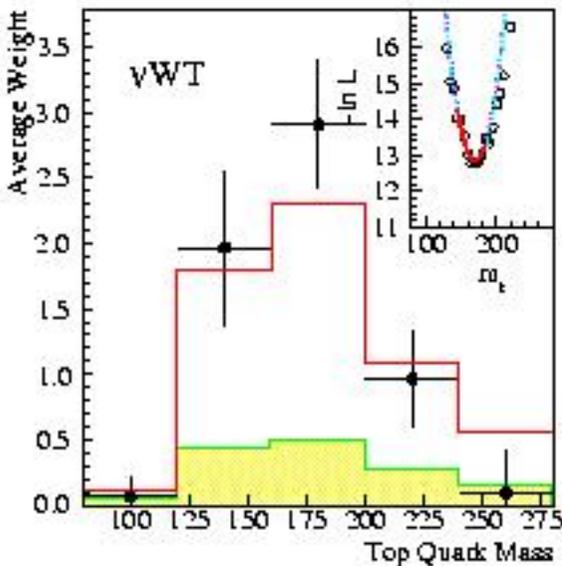


# Analyse en di-leptons

## Détermination de la Masse [Abott et al., hep-ex/980829]

- Ajustement likelihood  $-\ln L(m_t)$  ( $\nu$ WT et MWT ~ sensibilité)
  - 6 evts (2 ee, 3 e $\mu$ , 1  $\mu\mu$ )

$$m_t = 168.4 \pm 12.3(\text{stat}) \pm 3.6(\text{syst}) \text{ GeV}/c^2$$



### Incertitudes

- Echelle d'énergie
- Forme des fonds & signal  
(générateurs)
- Statistique

Systématique	Erreur
échelle d'énergie Jet	2.4 GeV
Générateur Fond	1.8 GeV
Générateur Signal	1.1 GeV
Buit & int. multiple	1.3 GeV
Fit Likelihood	1.1 GeV
MC statistique	0.3 GeV
<b>TOTAL</b>	<b>3.6 GeV</b>

# Masse du Top au Run I

## Résultats au Run I

- Combinaison de 5 mesures (3 CDF + 2 DO)

### Incertitudes:

stat. ~ systématique

- énergie jet
- Fonds, pdf
- Statistiques

### Corrélations:

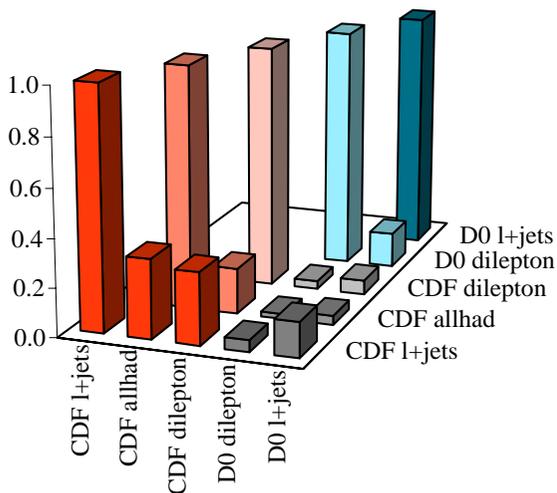
100% (2 exp.):

- distribution partonique
- gluon ISR, FSR

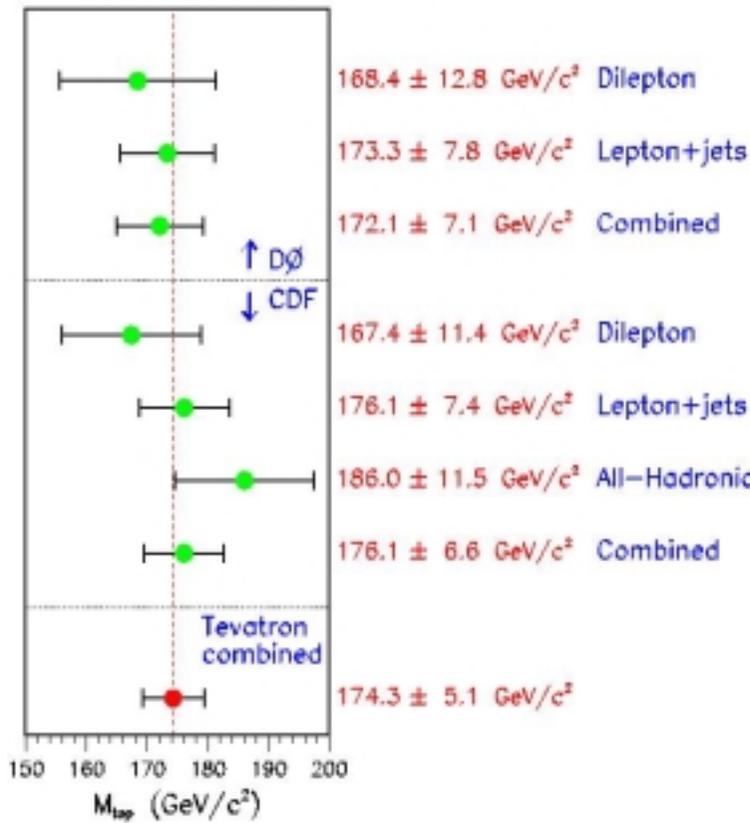
0% :

- Echelle d' énergie jet
- fonds , etc...

Correlation in top mass



Tevatron Top Quark Mass Measurements



# Masse du Top au Run II

## Perspectives au Run II

- Capacité de sélections accrues:
  - Calibration des jets  $p_T$  utilisant les data:  
Z+jets ,  $\gamma$ +jets,  $W \rightarrow \text{jet jet}$ ,  $Z \rightarrow b\bar{b}$
  - Contraintes MC par data
  - Meilleure identification des  $e/\mu$
  - Meilleure systématique avec double-étiquetage du b
- Erreurs systématiques probablement réduites:
  - “lepton+jets”:

Incertitudes	Run I	Run II
Statistiques	5.6 GeV	1.3 GeV
Energie Jet	4.0 GeV	2.2 GeV
Generateur Fond	2.5 GeV	0.7 GeV
Generateur Signal	1.9 GeV	0.4 GeV
Fit Likelihood	1.1 GeV	0.3 GeV
Total syst.	5.5 GeV	2.3 GeV
TOTAL	7.8 GeV	2.7 GeV

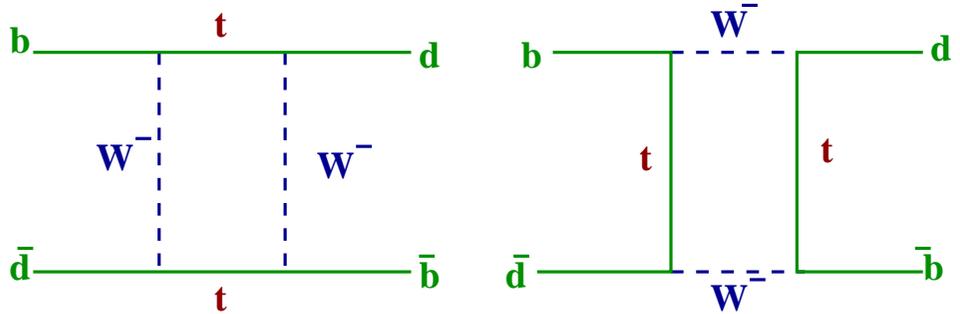
- Incertitude totale:
  - $\Delta m_t = \pm 2 - 3 \text{ GeV}/c^2$  ( par expérience)

# Pourquoi mesurer $m_t$ ?

## Interet de la Mesure de la Masse du quark Top

De nombreuses prédictions du MS dépendent de  $m_t$ , ex:

- Mélange  $B\bar{B}$



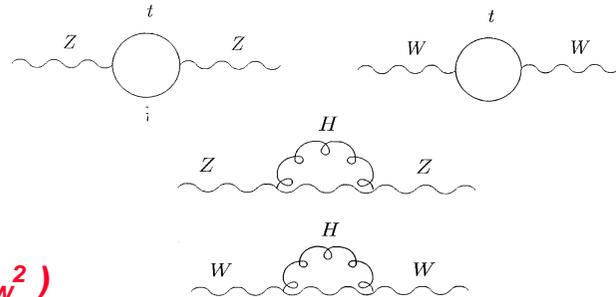
- Corrections radiatives aux masse

- paramètre

$$\rho = m_W^2/m_Z^2 \cos^2\theta_w$$

- $\rho \rightarrow 1 + \Delta\rho$

$$\equiv (\alpha/\pi) m_t^2/m_W^2 - (\alpha/4\pi) \ln(m_H^2/m_W^2)$$



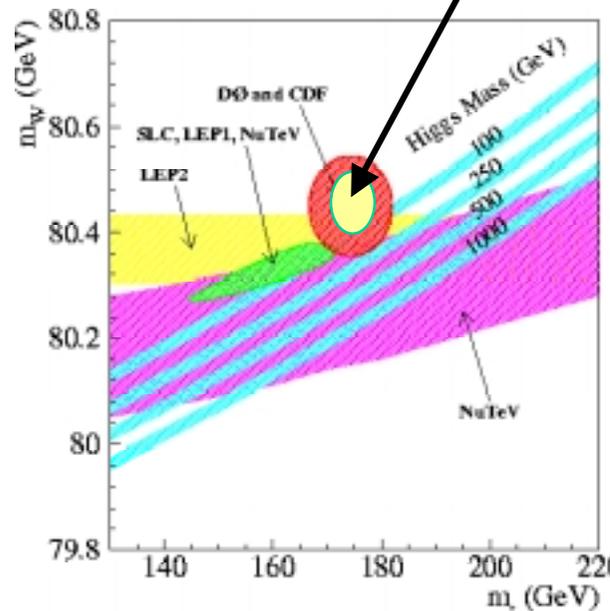
contraintes sur  $m_H$  \*dans MS\*

- Avec:

$$\Delta m_W \sim 40 \text{ MeV}/c^2$$

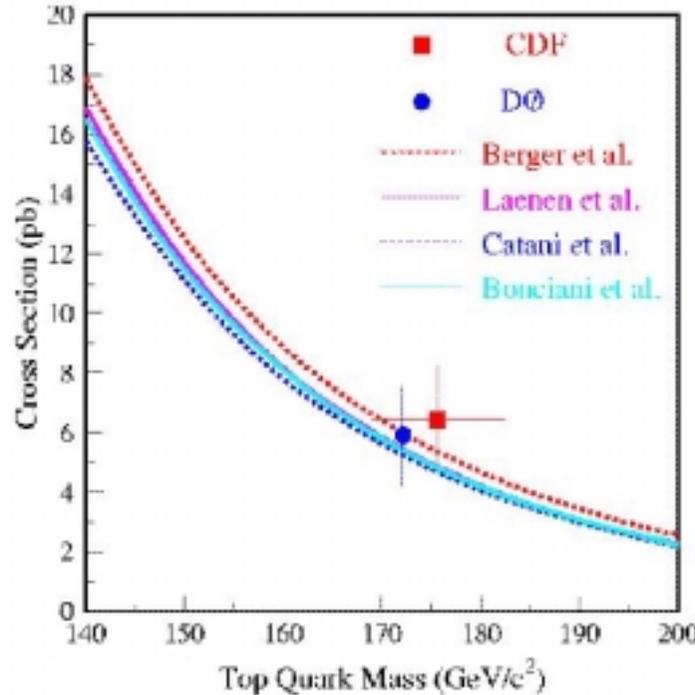
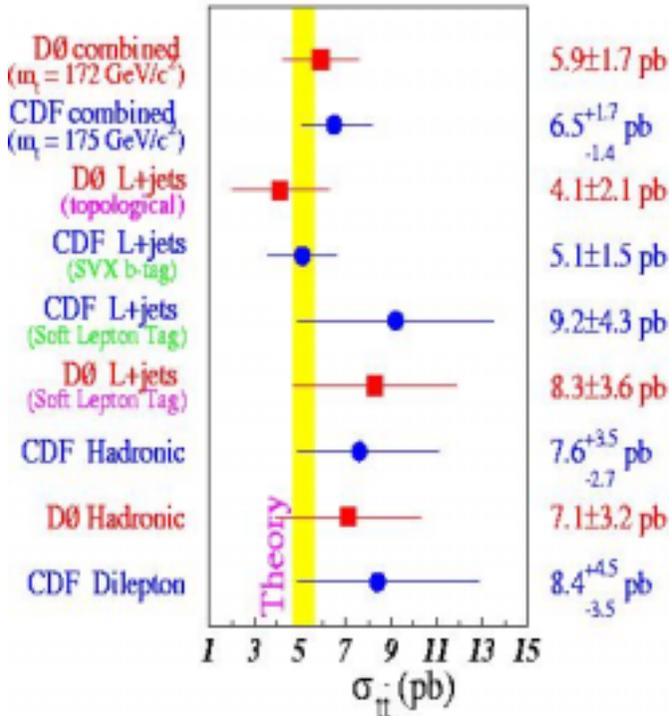
$$\Delta m_t \sim 3 \text{ GeV}/c^2$$

Run II (2 fb<sup>-1</sup>)



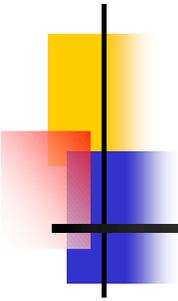
# Sections efficaces du Top

## Mesures au Run I



## Perspectives au Run II

- $\Delta\sigma(tt) \sim 8\%$ 
  - les incertitudes en majorité varient en  $1/\sqrt{N}$  (stat)
  - systématiques sur fonds, acceptance réduites avec stat.
- Mesure  $B(t \rightarrow Wb)/B(t \rightarrow Xb)$ 
  - précision attendue de 7% ( $2\text{fb}^{-1}$ )
  - sensible aux désintégrations sans W (ex.  $H^+b$ ; stop léger)
- Recherche de résonances  $t\bar{t}$ 
  - Utilise le Spectre  $m_{t\bar{t}}$  (ex:  $Z'$ )



# BR( $t \rightarrow Wb$ ) et $|V_{tb}|$

## Rapport de Branchement

- BR( $t \rightarrow Wb$ ) ~ 100% dans le Modèle Standard

## Mesure de $|V_{tb}|$

- Attend  $|V_{tb}| \sim 1$  avec 3 générations
  - 4eme génération: départ de 1....
- Mesure:
  - rapport d'évts avec 0,1,2 jets étiquetés-b dans l+jets
  - corriger d'acceptance/efficacité:

$$\frac{B(t \rightarrow W + b)}{B(t \rightarrow W + q)} = \frac{|V_{tb}|^2}{|V_{td}|^2 + |V_{ts}|^2 + |V_{tb}|^2}$$

- CDF: Run I =  $0.99 \pm 0.29$
- Si on suppose 3 générations, alors  $|V_{tb}| > 0.76$  @ 95%CL

## Perspectives au Run II

- Mesure avec événements  $t\bar{t}$ :
  - $\Delta |V_{tb}| \sim 2\%$  ( $2 \text{ fb}^{-1}$ )

# Production de single Top

## Production de single Top / courant chargé

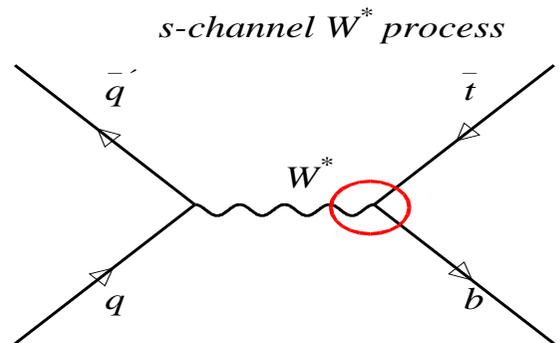
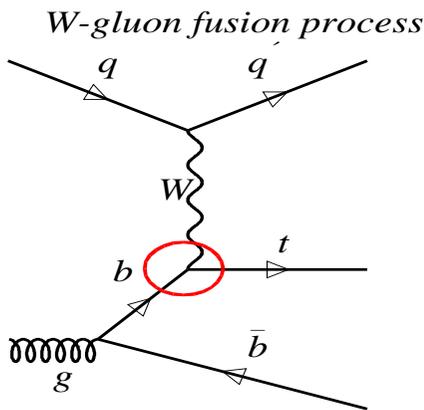
### – Production:

$$\sigma = 2.44 \pm 0.12 \text{ pb}$$

signal = l+2 jets+ 1b-tag

$$\sigma = 0.89 \pm 0.05 \text{ pb}$$

signal = l+2 jets+  $\geq 1$ b-tag

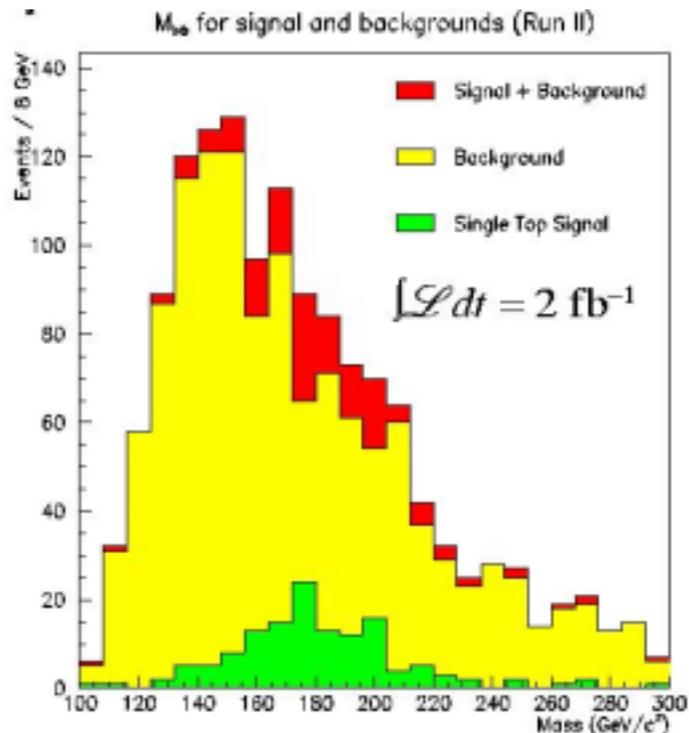


### – Largeur par mesure de:

$$\sigma(\text{single top}) \propto \Gamma(t \rightarrow W+b)$$

## Perspectives au Run II (2 fb<sup>-1</sup>)

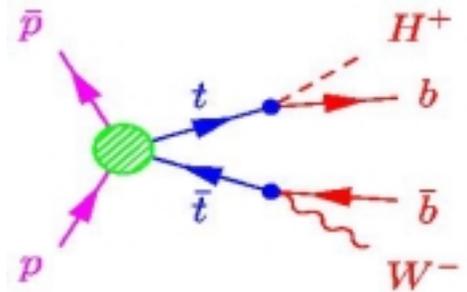
- Nombre evts  $\sim 330$
- Rapport S/B  $\sim 1/10$ 
  - $\Delta\sigma(\text{single top}) \sim 19\%$
  - $\Delta\Gamma(t \rightarrow W+b) \sim 27\%$
  - $\sigma(qq \rightarrow tb) \propto |V_{tb}|^2$   
 $\Delta|V_{tb}| \sim 14\%$



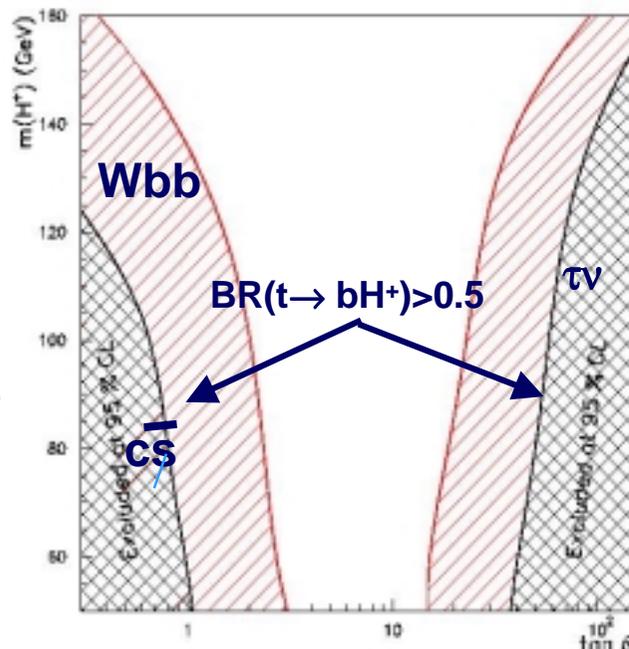
# Recherche de Higgs $t \rightarrow bH^\pm$

## Recherche de Higgs chargé

- Modèle Standard Minimal, 1 seul doublet Higgs
  - Un boson de Higgs physique  $H^0$
- Modèles étendus (MSNM, MSUSY) à 2 doublets Higgs
  - 5 Higgs physiques:  $H, h, A, H^+, H^-$
  - Secteur électrofaible spécifié par:  $m_W, m_H, \tan\beta$   
( $\tan\beta$  = rapport des vev des 2 doublets de Higgs)
  - Si  $m_{H^\pm} < m_t - m_b$ ,  
BR( $t \rightarrow bH^+$ ) important  $\forall$  haut / bas  $\tan\beta$
  - Désintégration  $H^+$   
 $H^+ \rightarrow \tau \nu, cs$   
 $H^+ \rightarrow t^*b \rightarrow Wbb$



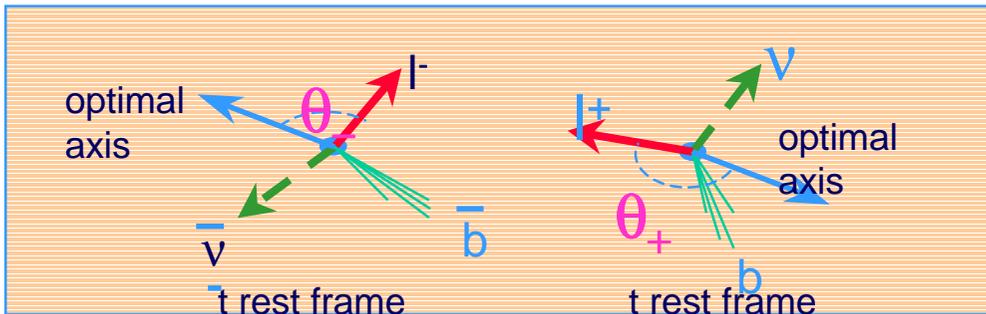
- Analyse:
  - disparition d'événements  $\sigma_{t\bar{t}}$
  - calcul  $P(m_{H^\pm}, \tan\beta | n(\text{obs}))$
- Perspectives Run II
  - section  $\sigma_{t\bar{t}}$  augmentée de 40%
  - sensibilité accrue ( $\sim 600\text{evts}$ )



# Corrélation de spin du Top

## Principe de la mesure

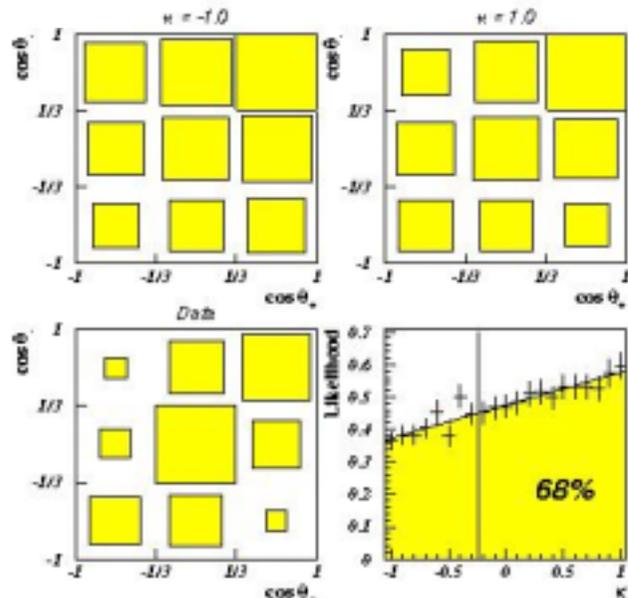
- TeVatron: 90% des états initiaux sont qq̄b avec gluon spin-1
- Les Top se désintègrent avant hadronisation
  - leptons sensibles à la polarisation du Top



- asymétrie “même spin” vs “spin opposé” dans les paires tt̄b̄
- ~70% tt̄b̄ d’hélicité opposée
- Mesure de corrélation angulaire  $\theta_+$  vs  $\theta_-$

$$\frac{1}{\sigma} \frac{d^2\sigma}{d(\cos\theta_+)d(\cos\theta_-)} = \frac{1 + \kappa \cos\theta_+ \cdot \cos\theta_-}{4}$$

- $\kappa = 0$  : ~~corrélation de spin~~
- $\kappa = 1$  : corrélation de spin
- $\kappa > -0.25$  @ 68%CL (Run I)



## Perspectives au Run II

- Mesure à  $3\sigma$

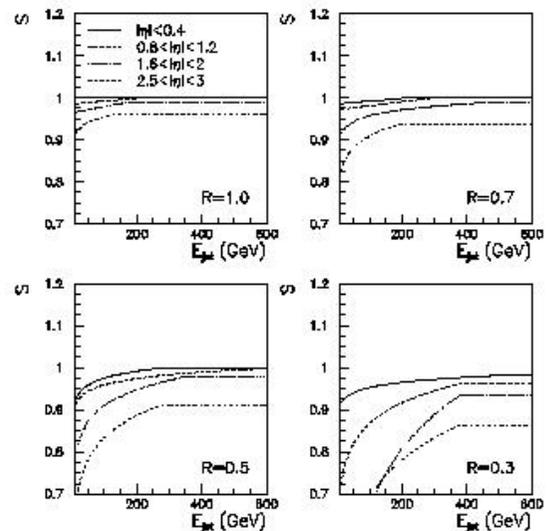
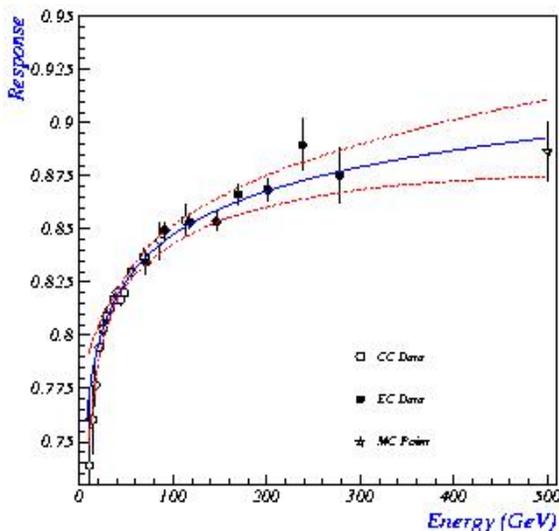
# Echelle d'énergie des jets

## Correction de l'échelle d'énergie des jets

- Principale source d'incertitude dans  $m_t$ :
  - Association parton / jet reconstruit dans calorimètre hadronique

## Calibration en 3 étapes:

- Fonction de de:
  - la définition des jets (cône de largeur  $\Delta R$ , énergie  $E$ ),  $\eta(\text{jet})$
- Offset dans la réponse en énergie du calorimètre  $O(\Delta R, \eta, E)$ :
  - Correction du bruit électronique + fission Uranium
  - Corrections des interactions multiples (lumi. dépendant)
  - Corrections du fond provenant des "quarks spectateurs"
- Détermination de la réponse en énergie  $R(\Delta R, \eta, E)$ 
  - Utilise événements  $\gamma$  + jets pour la calibration (EM vs Hadron)
- Correction des modèles d'hadronisation + gerbe  $S(\Delta R, \eta, E)$ 
  - Energie flow et développement du jet (gluon en dehors du jet)



$$\rightarrow E_{\text{jet}} = \{E_{\text{jet}}^{\text{reco}} - O\} / (1 - S) R$$

# Calibration des jets au run II

## Echelle d' énergie des jets

- Si l' échelle d' énergie fausse  
biais systématique sur  $m_t$

## Calibration avec jets de b ( $Z \rightarrow bb$ ):

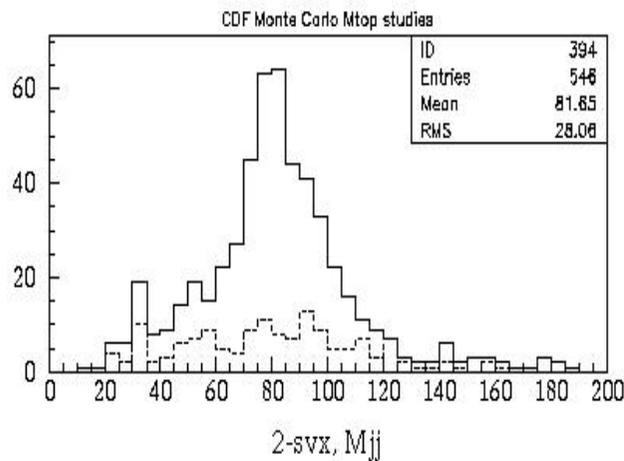
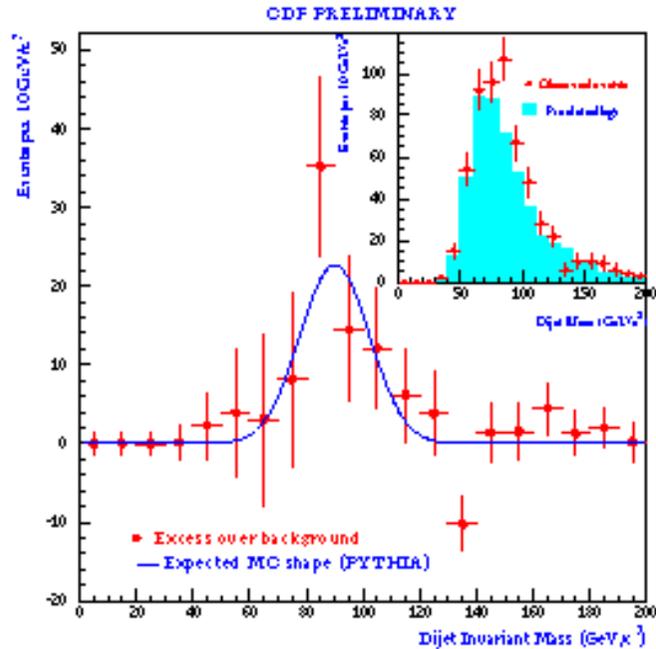
- bénéficie de déclenchement dévolu aux  $Z \rightarrow bb$ 
  - Traces + Ht parametre d'impact au L2
- Pour événements étiquetés b
  - reconstruire  $Z \rightarrow bb$ 

$$\Delta M_{bb}/M_{bb}$$
  - réduire l'erreur sur échelle d'énergie du jet

Réduction incertitude : 2 à <1 GeV

## Calibration avec ttbar

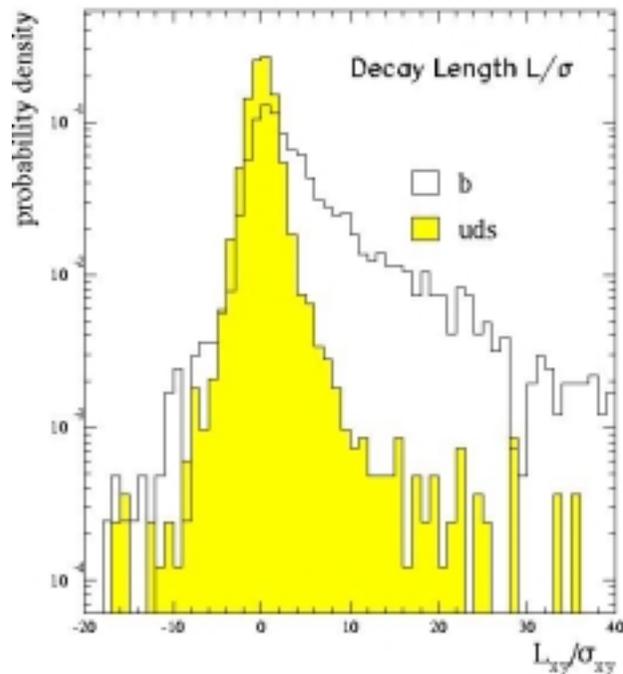
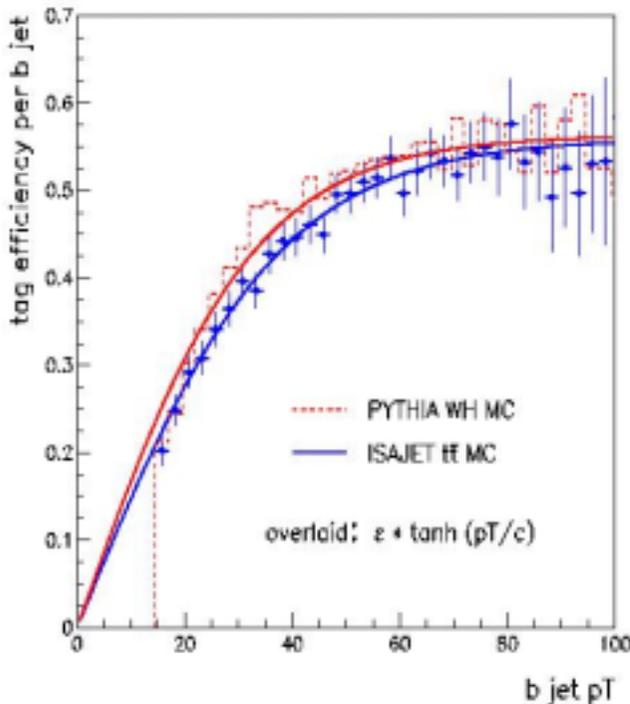
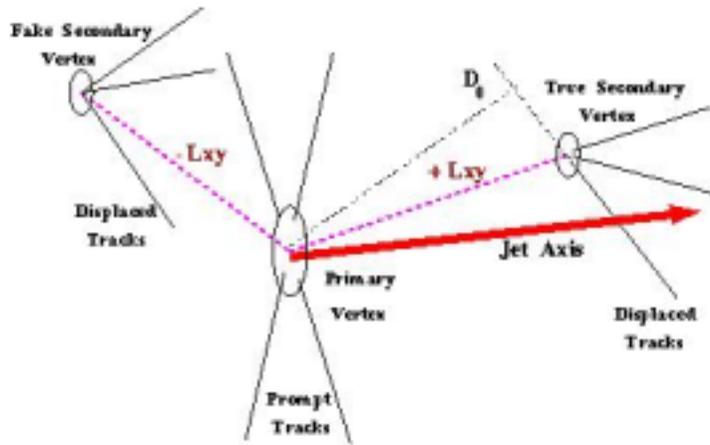
- Echantillons de ttbar (double t-tag)
  - échelle d' énergie des quarks légers ( $W \rightarrow qq'$ )
- Avantages:
  - peu de fonds non-top
- Inconvénients:
  - dépendance aux jets de gluons  
résolution avec qq seuls: 18 GeV  
résolution avec qq+g : 36 GeV !



# Etiquetage du b au run II

## Etiquetage des b par vertex déplacés

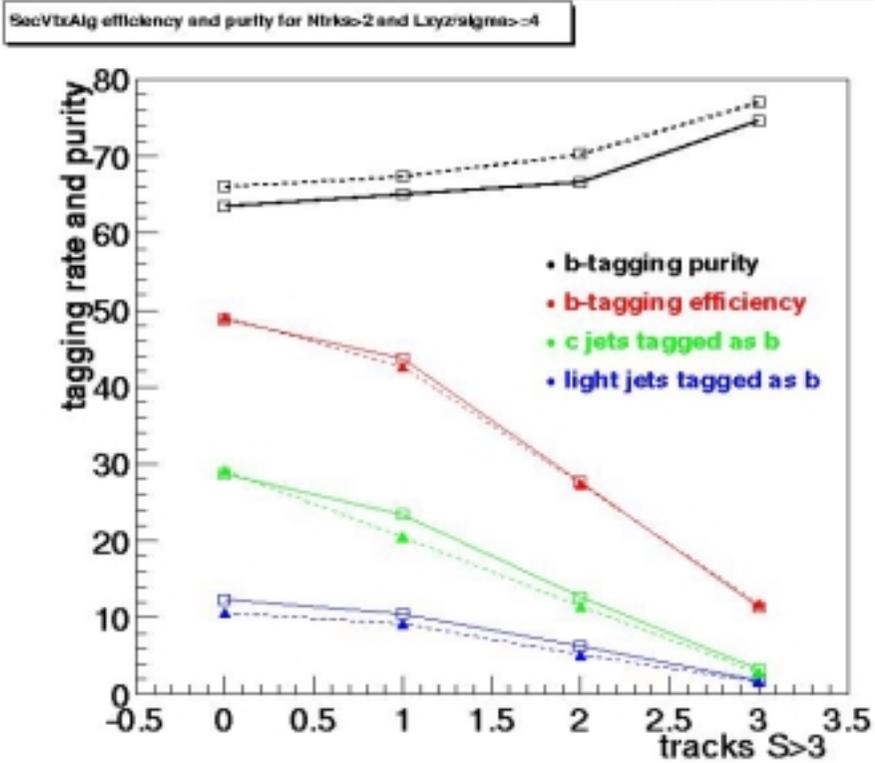
- crucial au Run II
- Approche multi-tag a DO:
  - parametres d'impact
  - vertex secondaires
  - soft-lepton dans jet
  - likelihood
- Performances \*préliminaires\*
  - "MC rapide" (SMT+CFT)
  - Efficacité =  $0.56 \pm 0.01$  (vertex)



- Efficacité  $\epsilon_b \sim 65\%$  (lepton e +  $\mu$  + vertex) / jet (extrapolation CDF)

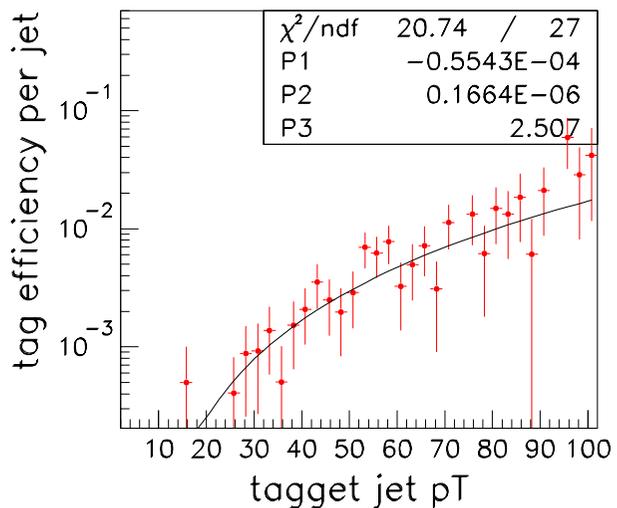
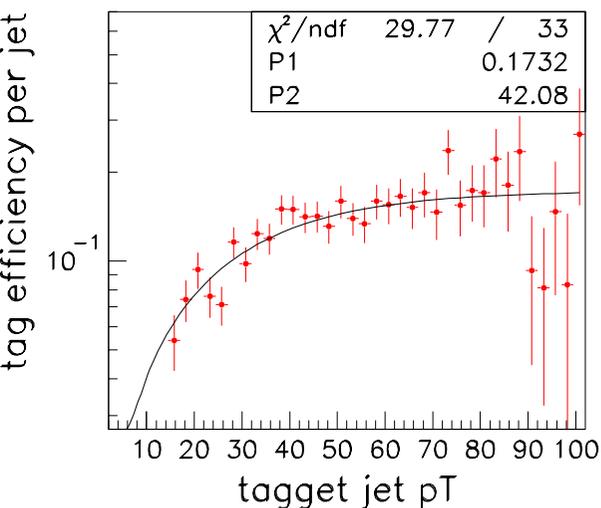
# Etiquetage du b au run II

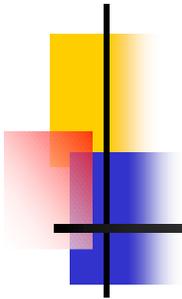
## Etiquetage des b par vertex décalés



c-jets

u,d,s,g-jets





# Résumé: Physique du Top au run II

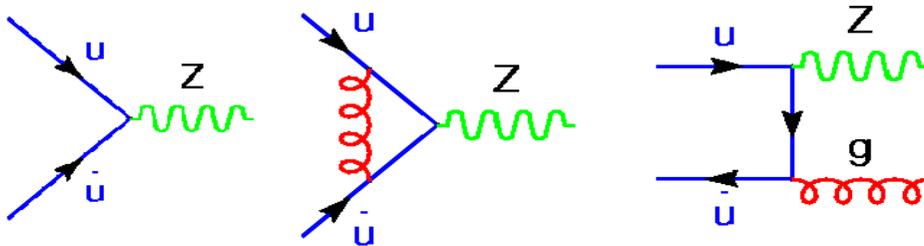
## Expected Run II(2 fb<sup>-1</sup>) results for top mass, cross section and decays

$\delta(m_t)$	3 GeV	accuracy of top mass measurement
$\delta(\sigma(t\bar{t}))$	9%	accuracy of $t\bar{t}$ cross-section
$\sigma(Z')BR(Z' \rightarrow t\bar{t})$	< 90 fb	upper limit for $Z'$
$BR(t \rightarrow c \gamma)$	< 0.28%	upper limit of rare decay
$BR(t \rightarrow c Z)$	< 1.3%	"
$BR(t \rightarrow H^+ b)$	< 12%	"
$\delta BR(t \rightarrow W(b))$	3%	from ratio of 2 b-tags/1 b-tag
$\delta BR(t \rightarrow (W)b)$	9%	from ratio of dileptons/single-leptons
$\delta BR(t \rightarrow bW[\lambda = -1])$	3%	$W \rightarrow \text{lepton} + \nu$ helicity
$\delta BR(t \rightarrow bW[\lambda = 0])$	6%	$W(\lambda=0)/W(\lambda=1) = (1/2)(m_t/m_W)^2$
$\delta \Gamma(t \rightarrow bW)$	26%	from single top production
$\delta V_{tb}$	13%	from single top production
$\delta \kappa$	0.4	spin correlation coefficient

# Physique des bosons W/Z

## Production au Run II

- Graphes:

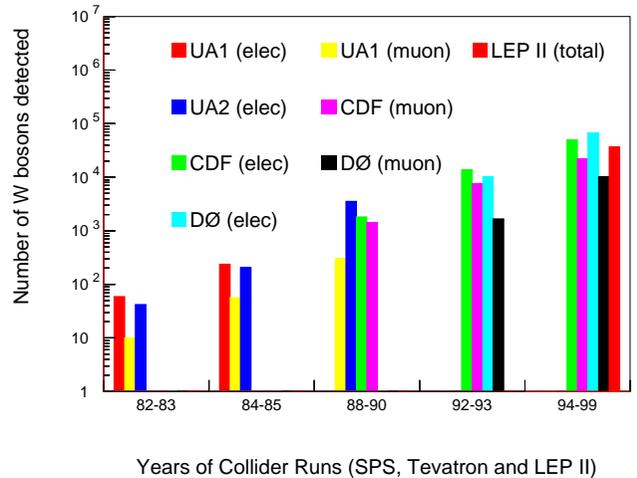


- Sections efficaces élevées:

$$\sigma(pp \rightarrow Z+X) \sim 7 \text{ nb} \text{ et } \sigma(pp \rightarrow W+X) \sim 7 \text{ nb}$$

- Modes au Run II:

- $W \rightarrow e\nu, \mu\nu$  (~11%)
- $Z \rightarrow ee, \mu\mu$  (~3%)
- $Z \rightarrow bb$  (Run II)



- Statistique attendue ( $2 \text{ fb}^{-1}$ ):

$W/Z + X$	$W \rightarrow e\nu$	$1.6 \times 10^6$
	$Z \rightarrow ee$	$160 \times 10^3$
$W\gamma, Z\gamma$		1000
$WW, WZ, ZZ$	$\geq 2$ leptons	150

# Masse du boson W

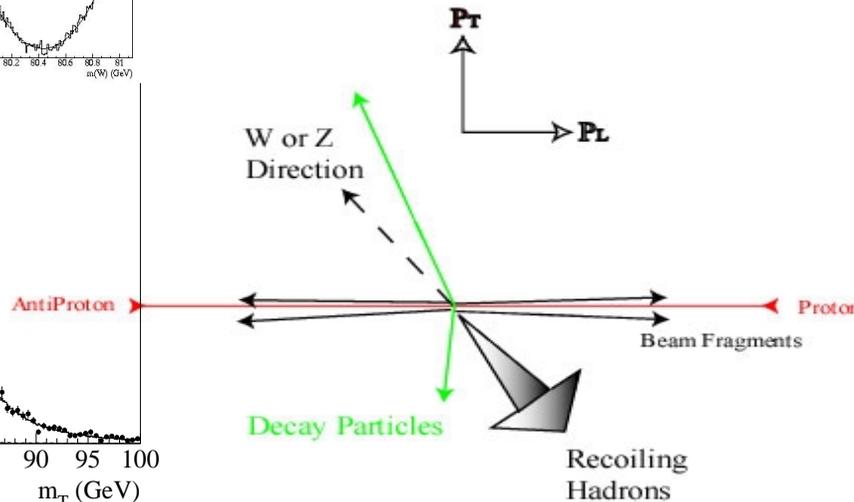
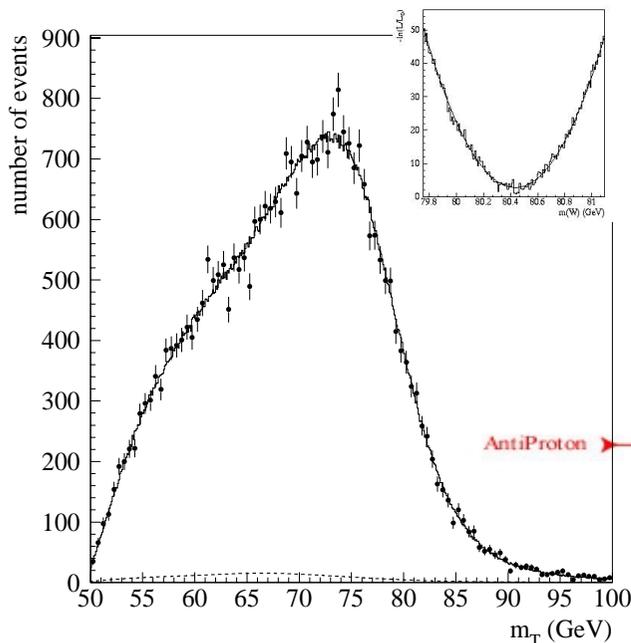
## Masse au Run I

- Masse transverse:

$$M_T^W = \sqrt{2 P_T^e P_T^\nu (1 - \cos\Delta\phi)}$$

- Résultats DO:

$$m_W = 80.48 \pm 0.09 \text{ GeV}/c^2$$



- Incertitudes dominantes:

Incertitudes	Run I
Statistiques	65 MeV
Energie Jet	75 MeV
Resolution Detecteur	25 MeV
PDF's	15 MeV
PT(W)	15 MeV
Recul (Modele)	37 MeV
TOTAL	92 MeV

# Masse du boson W

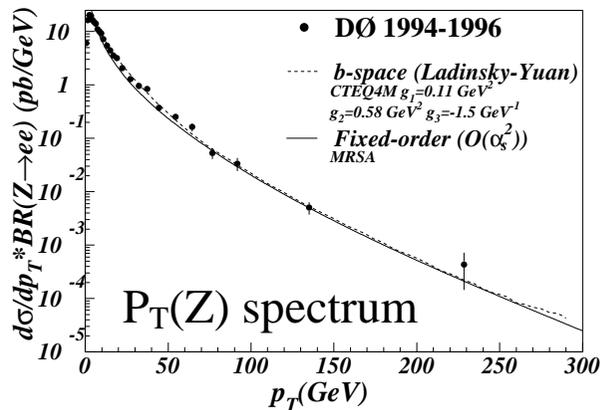
## Perspectives au Run II

### Réduction des incertitudes

- Statistique:
  - Diminue à  $<20$  MeV (mais limité par int./croisement)
- Résolution & réponse du détecteur:
  - Taille des échantillons statistiques (Z, J/Ψ, Υ)
- Modèle de production MC:
  - Contrainte des fonctions de structure partoniques (pdf)
  - Différence production W, Z visible (haute stat.)

### Incertitude totale attendue:

$$\Delta m_W = 40 \text{ MeV}/c^2$$



### Autres options pour mesure de $m_W$

- Masse a partir du spectre en  $p_T$  de l'électron (sensible à  $p_T^W$ )
- mesure du rapport  $M_T^W / M_T^Z$  (utilise LEP, sensible a l'acceptance du neutrino)

# Largeur du boson $\Gamma_W$

## Largeur du W

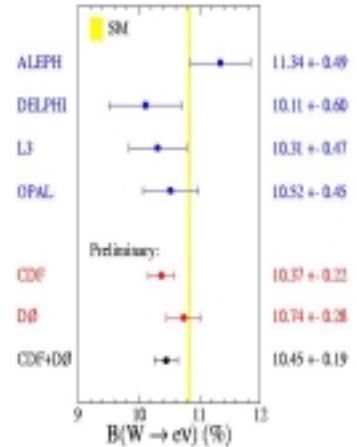
- Test les couplages du W / comparaison au SM
- Test des corrections sensibles aux effets non standard

## Mesure de R:

$$R \equiv \frac{\sigma(pp \rightarrow W) \cdot B(W \rightarrow e\nu)}{\sigma(pp \rightarrow Z) \cdot B(Z \rightarrow ee)}$$

$$= \frac{\sigma(W)}{\sigma(Z)} \cdot \frac{\Gamma(Z)}{\Gamma(Z \rightarrow ee)} \cdot \frac{\Gamma(W \rightarrow l\nu)}{\Gamma(W)}$$

theory  $\uparrow$   $\uparrow$  LEP  $\uparrow$  SM  $\leftarrow$  **measure**  $\leftarrow$  **extract**



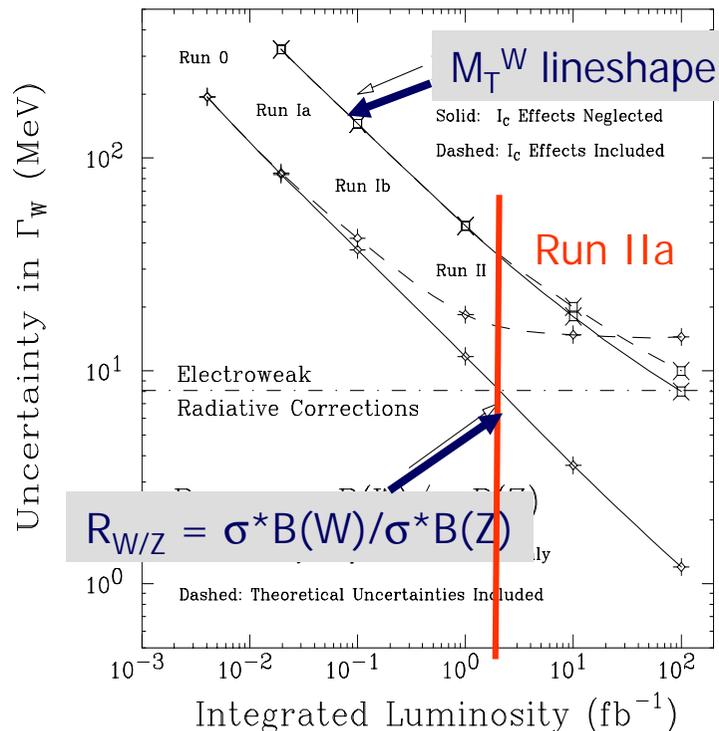
Electron Channel

## Résultats:

$$\Gamma_W = 2.062 \pm 0.059 \text{ GeV}$$

## Perspectives au Run II

- Attend (2 fb<sup>-1</sup>):
    - ~0.010 (stat) GeV
    - +err. théorique
  - Mesure directe !
    - -sensible à erreur theo.
    - Utilise spectre  $M_T$
- $$\Delta\Gamma = 30\text{-}50 \text{ MeV}$$



# Propriétés des bosons W

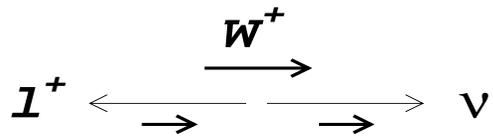
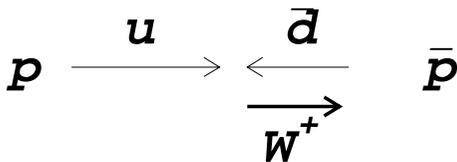
Contraintes sur fonction de densité partonique (pdf):

- Mesure de l'asymétries de charge due à:

Production:  $X_u > X_d$

+

Couplage V-A

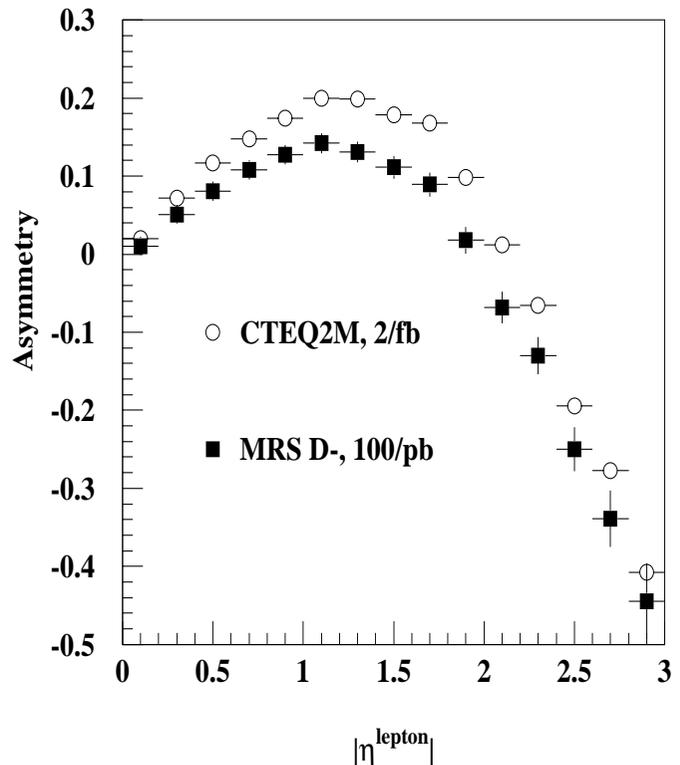


Asymétrie dans la distribution leptonique

- Bénéficie a D0:
  - couverture détecteur  $|\eta| < 2.5$
  - Electron ID (preshower)
  - Muon ID

## Perspectives Run II

- Contrainte des pdf's:
  - CTEQ, MRSD ...
- Mesure cruciale pour \*toute\* mesure de précision



# Asymétrie avec le boson Z (AFB)

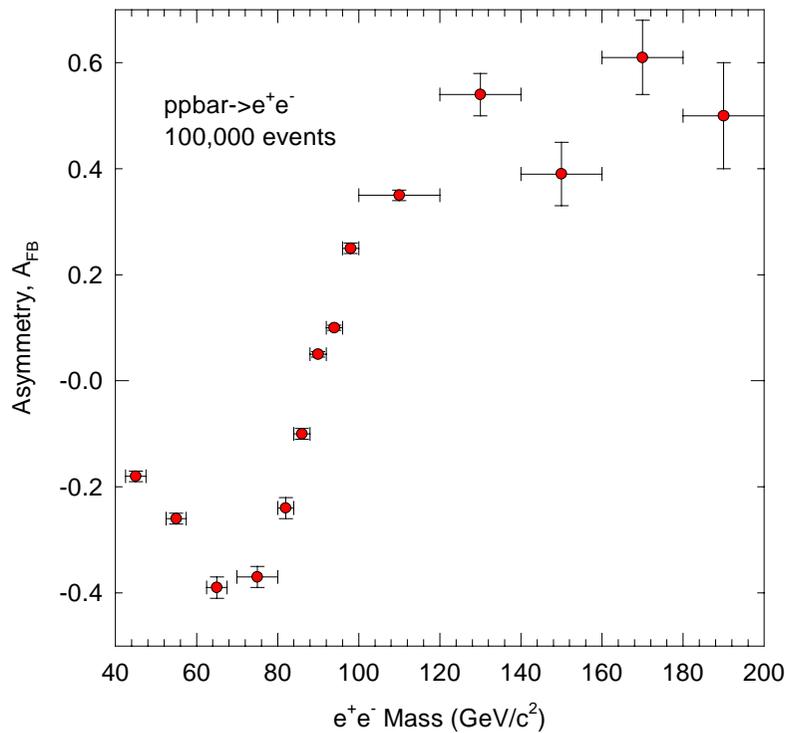
## Asymétrie Avant-Arrière avec $Z \rightarrow ll, qqbar$

- Processus au niveau des partons ( $qq \rightarrow ll$ )
- Dépendance en  $g_V$  et  $g_A$  du Z aux leptons
- Sensible à  $\sin^2\theta_W$

## Perspectives au Run II

- 2fb-1  $\Rightarrow$  100k  $Z \rightarrow ee$  events

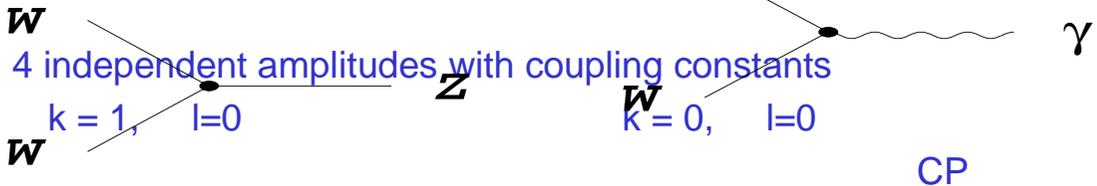
- mesur
- Erreur
- Test c



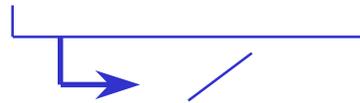
# Couplages anormaux

## WWg and WWZ Couplings

- SM predicts triple gauge boson coupling



- tree level unitarity constrains couplings to SM values at high energies introduce form factor



- study via diboson production : Wg, WW, WZ

- non standard couplings @ increased cross section

harder pT spectrum

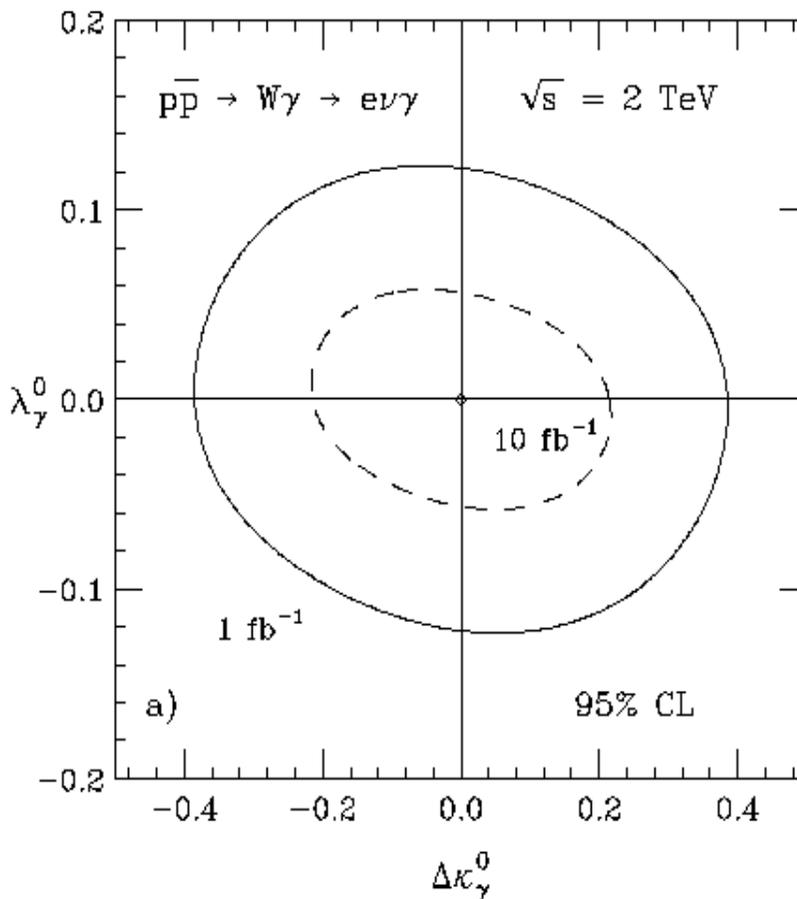
$$\frac{1}{\left(1 + \frac{s}{\Lambda^2}\right)^n}$$

# Couplages anormaux

## Limites sur couplages non-standard $WW\gamma$ et $WWZ$

Channel	present limits	$1 \text{ fb}^{-1}$
$W\gamma \rightarrow \nu\gamma$	$ \Delta\kappa_\gamma  < 1.4$	$< 0.38$
	$ \lambda_\gamma  < 0.4$	$< 0.12$
$WW, WZ \rightarrow \nu jj$	$ \Delta\kappa_\gamma  < 0.8$	$< 0.35$
	$ \lambda_\gamma  < 0.5$	$< 0.19$

→ Limites gagnent un facteur 3-5 au RunII

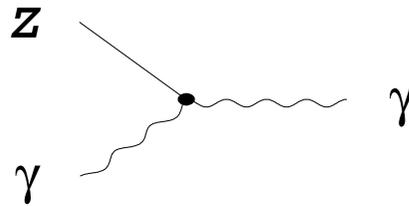
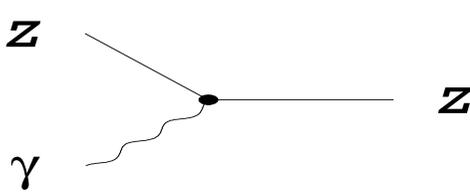


# Couplages $ZZ\gamma$ , $Z\gamma\gamma$

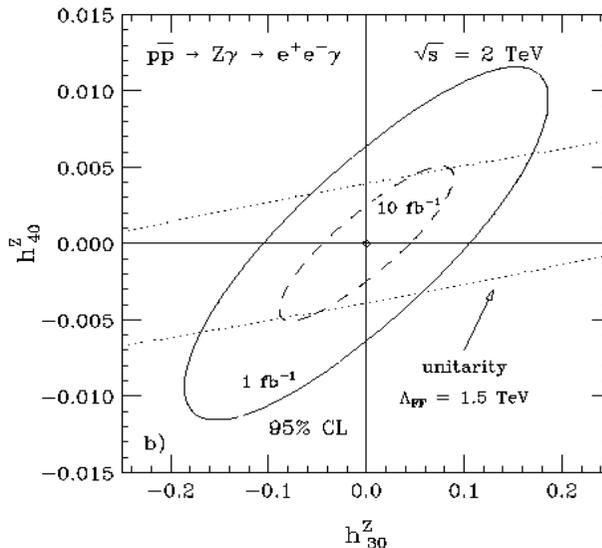
## Paramétrage des Couplages tri-linéaires

- $h_1^Z, h_2^Z, h_3^Z, h_4^Z$
- dans MS:  $h_i^V = 0$

$h_1^\gamma, h_2^\gamma, h_3^\gamma, h_4^\gamma$



	$ h_{3,1} $		$ h_{4,2} $	
	RunI	RunII	RunI	RunII
$Z\gamma \rightarrow l\bar{l}\gamma$	<1.6	<0.11	<0.4	<0.0064
$\rightarrow \nu\bar{\nu}\gamma$	<0.9	<0.038	<0.21	<0.0027



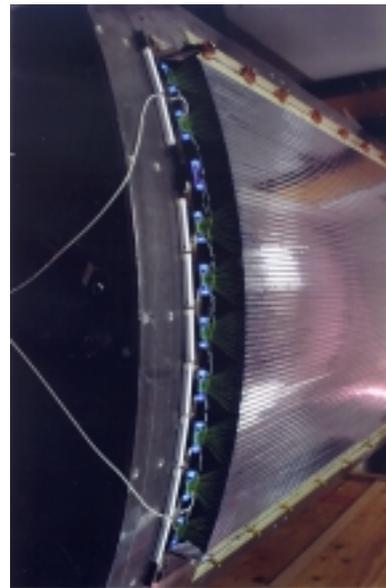
- Limites gagnent un facteur 10-100 au RunII ( $1\text{fb}^{-1}$ )

# Conclusion

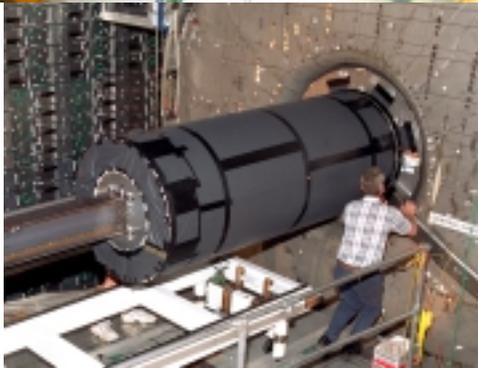
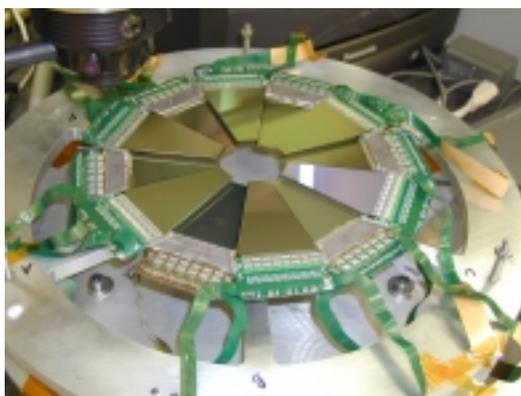
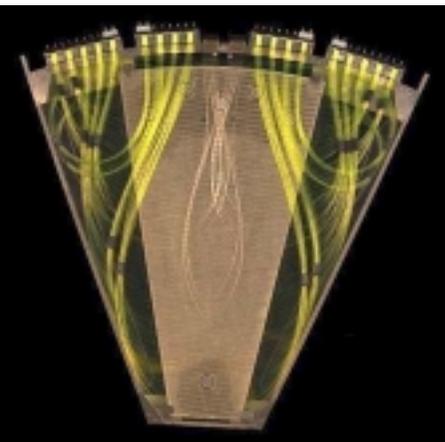


Le Tevatron délivre des données depuis 1er mars  
DØ est au complet (hardware), détecteurs installés  
Configuration complète de l'électronique: ~été 2001

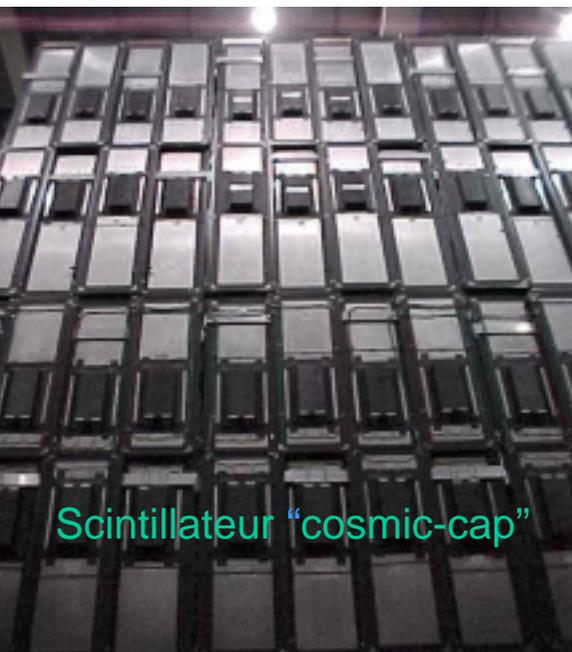
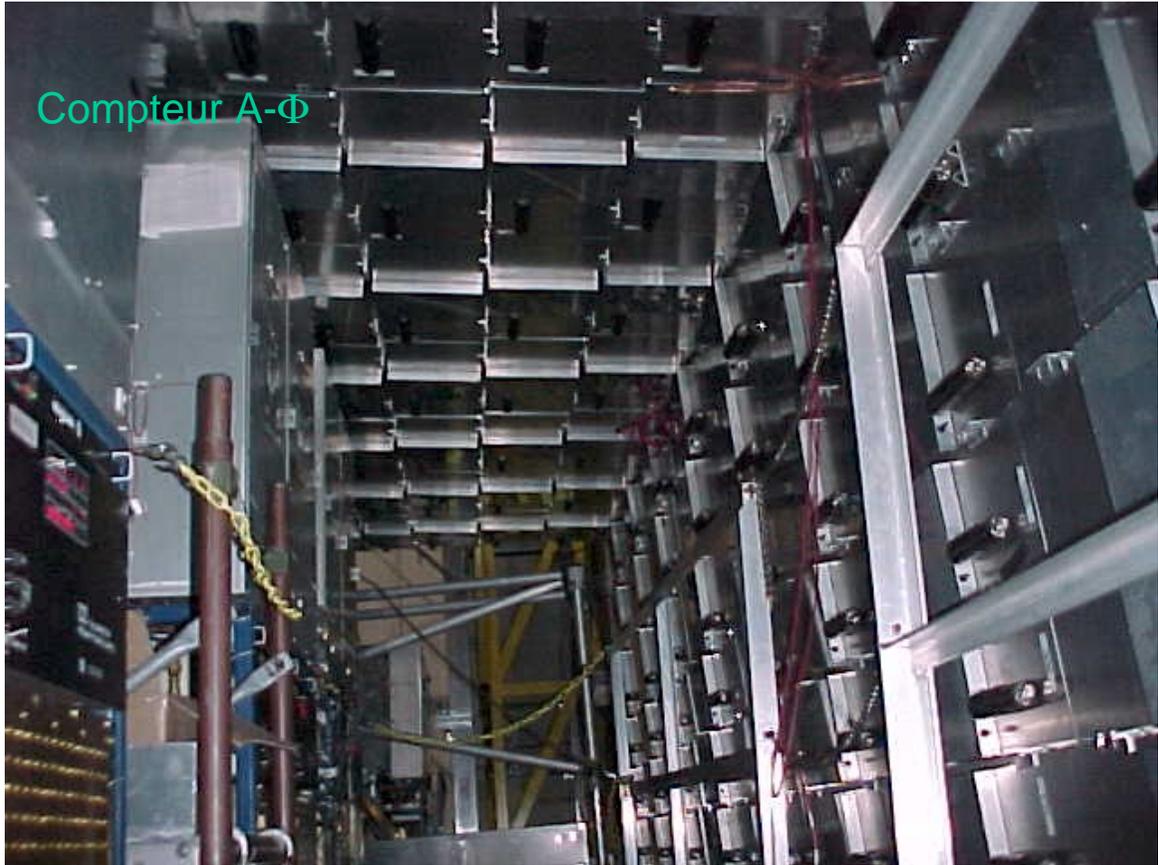
Les capacités DØ sont significativement améliorées  
Nouveaux détecteurs de traces dans 2T: traces, vertex  
Amélioration du système de détection des muons  
Nouveaux preshower: capacité d'ID electrons/photons



Les perspectives de physique sont enthousiasmantes  
Mesures de précision (EW, Top,  $M_W$ )  
Physique du B: violation CP, Bs mixing  
Recherche de signaux SUSY  
Recherche de Higgs  $m_H < 180$  GeV (Run IIb)



# tion

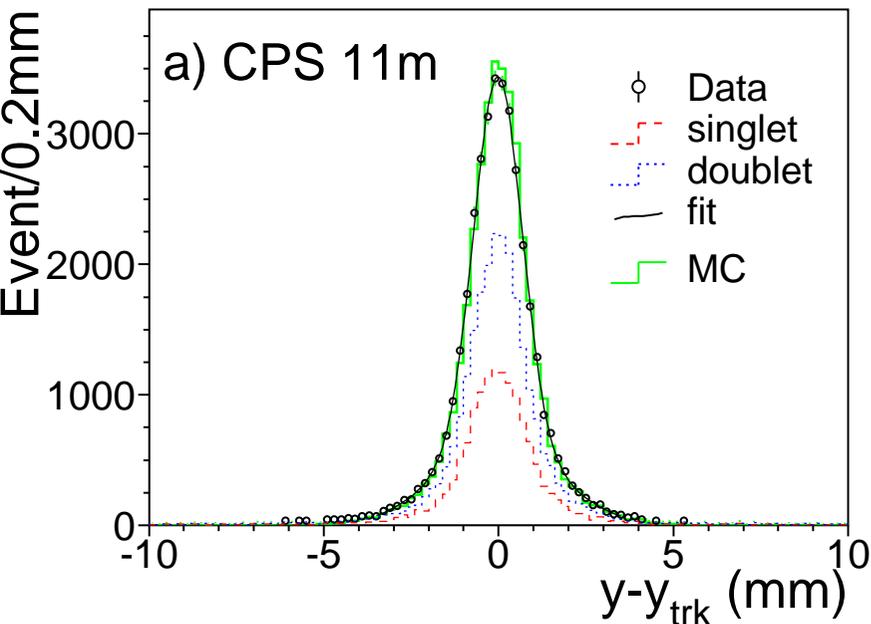
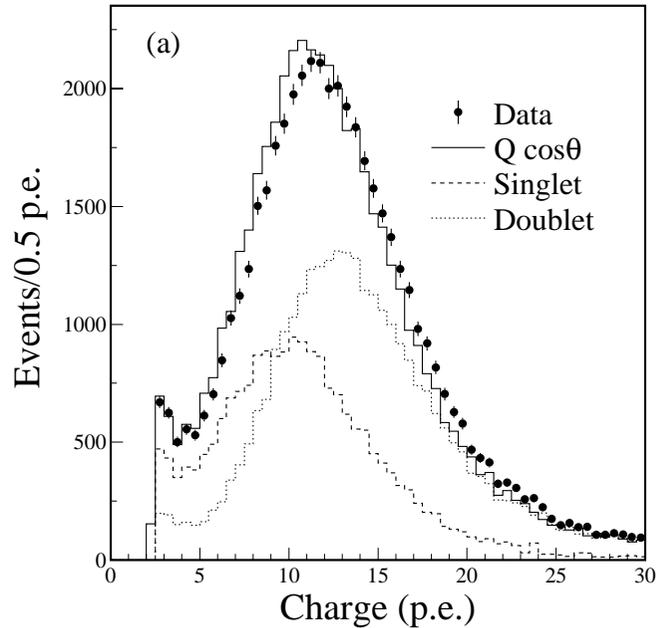


# Performances du CPS

Tests avec des muons (Cosmiques):

## Lumiere & Charge

- 11m clear waveguide
- Singlet = trace passe a travers un simple strip
- Doublet = deux strips



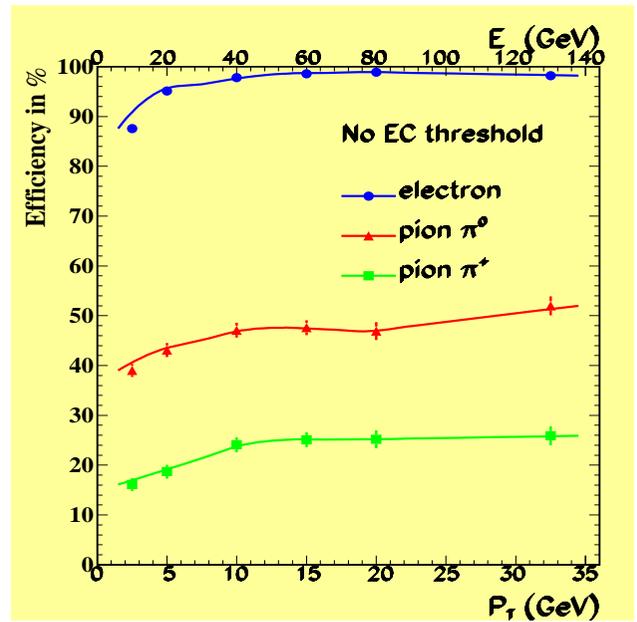
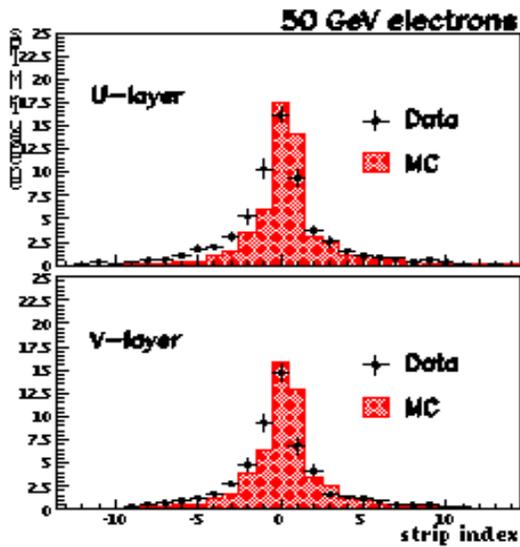
## Resolution

muons

$\sigma(\text{doublet}) \approx 550 \mu\text{m}$

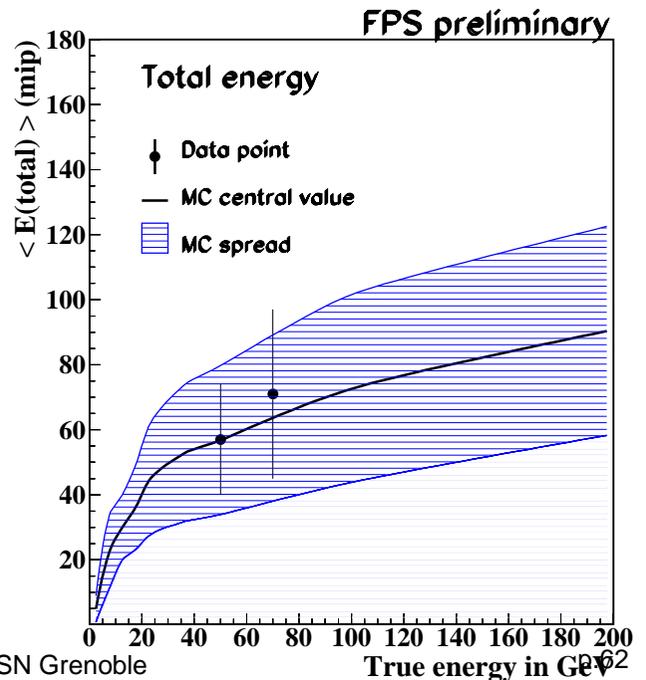
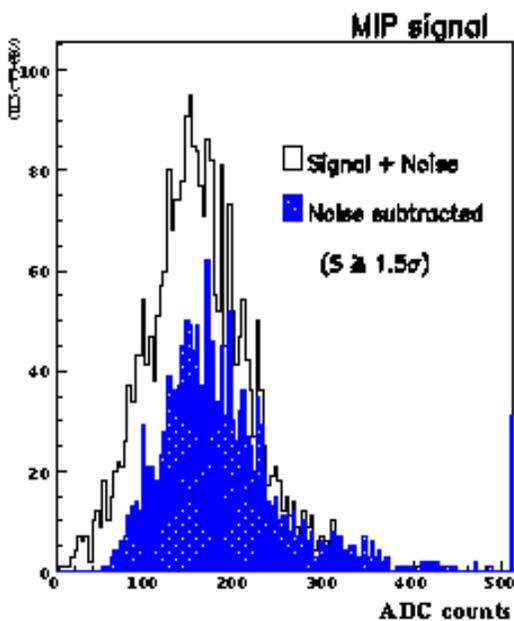
# Performances du FPS

Electrons: forme de gerbe EM versus MC:



Calibration: 1 mip =  $14 \pm 3$  p.e.

EFPS vs EVraie

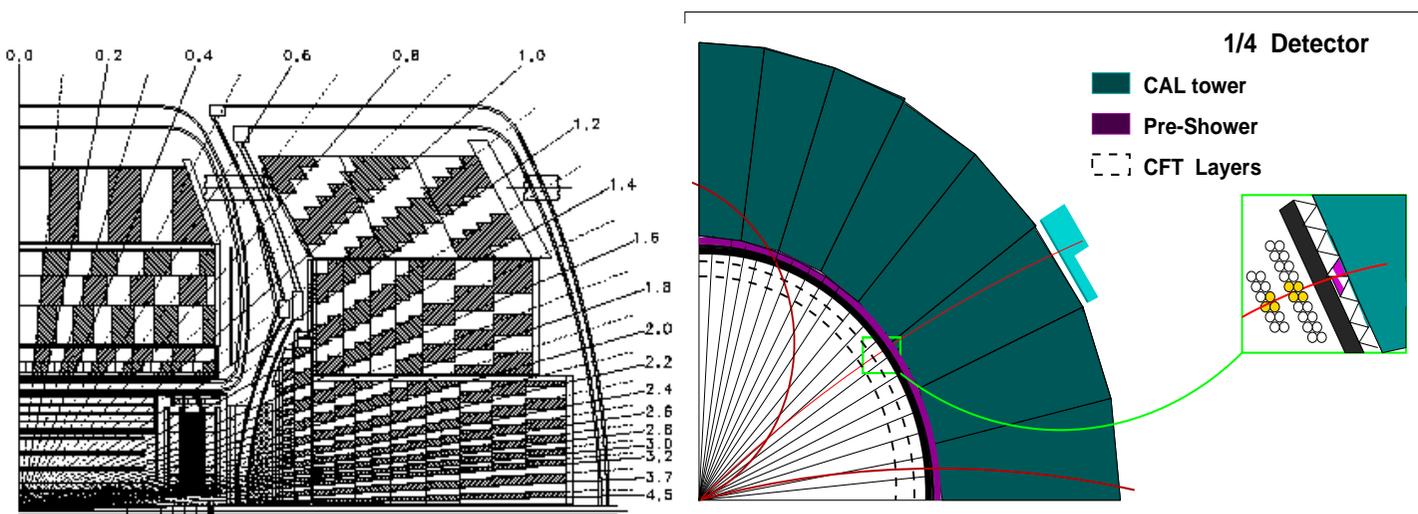


# Déclenchement EM central L1

**L1CAL**

Calorimètre EM / HAD

basé sur: # tours EM (0.2x0.2) avec  $E >$  seuil (2.5, 5, 7, 10 GeV)



**L1PS**

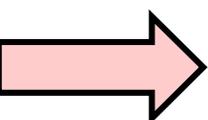
Pré-Shower Central (CPS)

basé sur: # gerbes EM =  $\Sigma$  strips avec  $E_{strip} >$  seuil Haut/Bas

**L1CFT**

Détecteur de Traces central (CFT)

– #trajectoires signées / bin  $p_T$  [1.5-3], [3-5],[5-10] GeV/c



Déclenchement global:

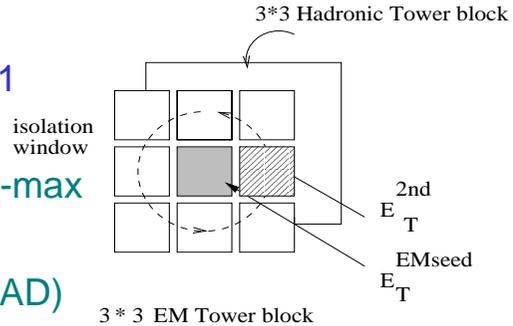
- Coïncidence par quadrant etc... 128 combinaisons possibles
  - 1 tour EM + ( 1 gerbe CPS + 1 Trajectoire  $p_T$  )

# Déclenchement EM central L2

L2CAL

## Calorimètre EM/HAD

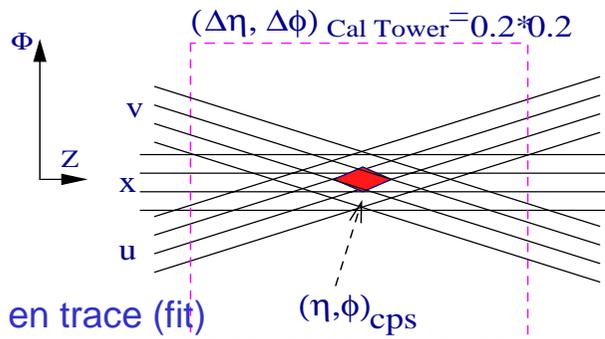
- Tours calorimétrique "seed" = L1
- Energie EM totale du dépôt:
  - $E_{EM} = E_{TSEED} + E_{T2nd-max}$
- Fraction EM du dépôt:
  - $EMF = E_{EM} / (E_{EM} + E_{HAD})$
- Isolation du dépôt:
  - $TISO = E_{EM} / \Sigma(E_{EM} + E_{HAD})$  ( $3 \times 3 \Sigma$  + "seed")



L2PS

## Préshower PS:

- forme les gerbes 3D  $(u, v, x) \rightarrow (\eta, \phi, z)$  étiquetée electron/photon



L2CFT

## Détecteur de Traces (CFT)

- convertit les trajectoires L1 en trace (fit)
- extrapole trace jusqu'à 3eme couche du calorimetre EM(3) (maximum de la gerbe)

L2CTT

## Détecteur Vertex (SMT+CFT)

- combine traces CFT et SMT
- ré-ajustement :
  - $p_T$ ,  $d_0$  parametre d'impact

# Déclenchement EM Avant/Arriere

L1CAL

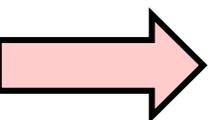
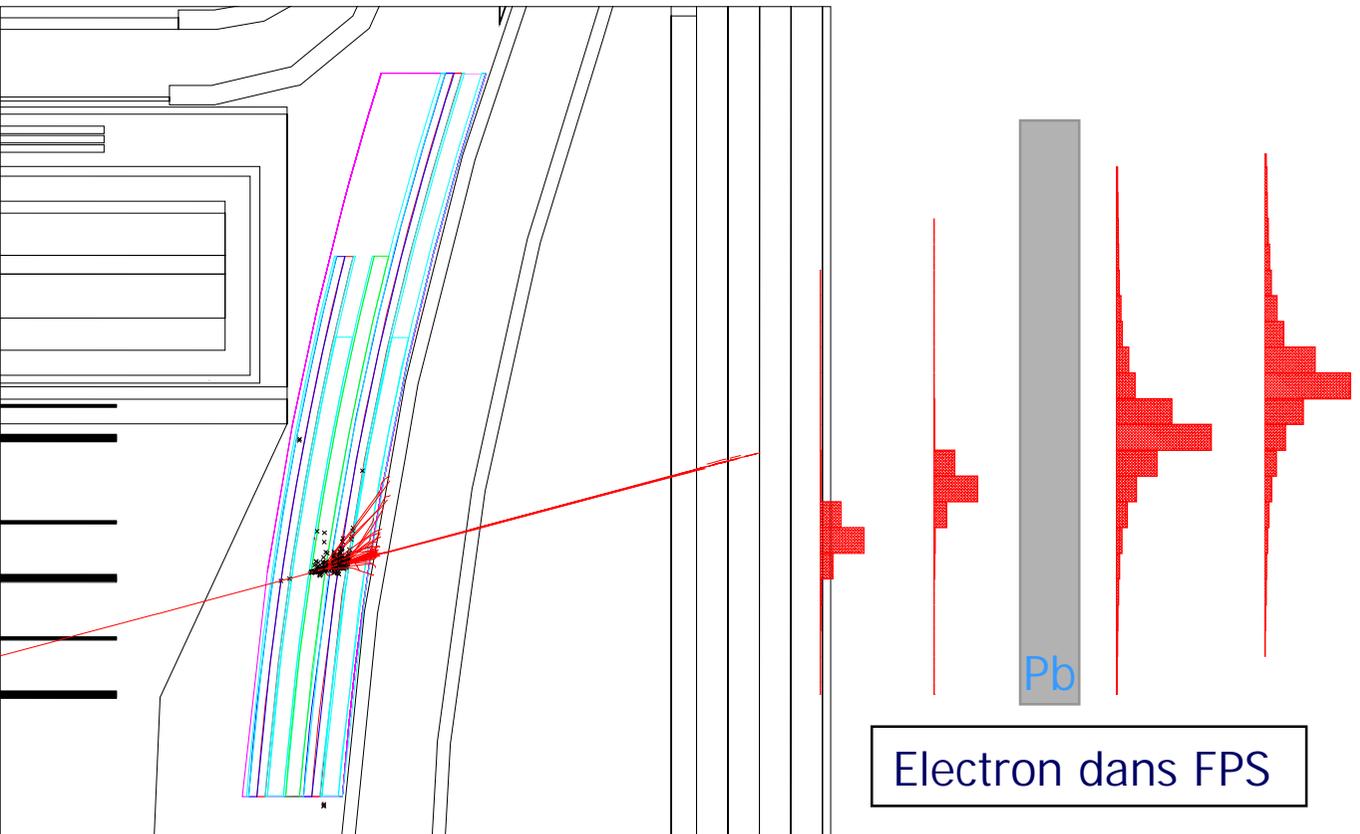
Calorimetre EM

- tours EM ( $\Delta\eta \times \Delta\Phi = 0.2 \times 0.2$ )  $\rightarrow$  ET  $> [2.5, 5, 7, 10]$  GeV

L1PS

PreShower Avant /Arriere

- gerbes =  $\Sigma$  strips avec Estrip  $>$  seuil Haut/Bas (5/10 MIPs)
- electron = gerbe PS (u ou v) + MIP (u ou v)



Déclenchement global

- combinaison des termes , coincidence par quadrant etc...
- ex: 1 tour EM + 1 electron (u et v) FPS

# DAQ des fibres scintillantes

## Déclenchement et digitization du signal fibre:

- Utilisation de deux gammes dynamiques:
  - Détection MIP ( $\sim 0.9$  MeV): traces , calibration [0.3-3] MIP
  - Reconstruction des gerbes electrons [5, 60] MIPs
- Déclenchements et lecture:
  - L1: chips SIFT [0/1], alimente carte trigger (FPGA)
  - L2: chips SVX-II qui digitize le signal

